

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OTROS USOS DEL ULTRASONIDO EN EL MANEJO PERIOPERATORIO DEL PACIENTE
QUIRÚRGICO

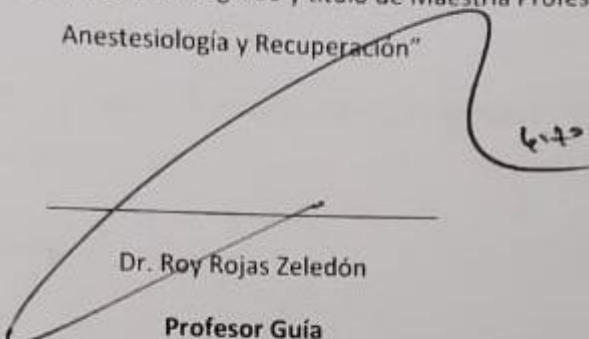
Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del
Programa de Estudios de Posgrado en Anestesiología y Recuperación para optar al grado
y título de Maestría Profesional en Anestesiología y Recuperación

RICARDO PARÍS AZUOLA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

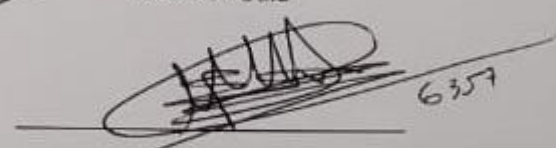
2019

"Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Anestesiología y Recuperación de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Anestesiología y Recuperación"



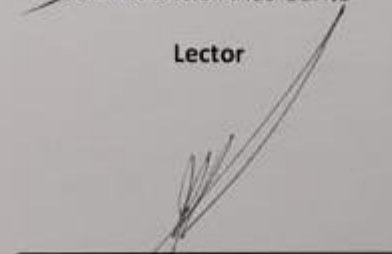
Dr. Roy Rojas Zeledón

Profesor Guía



Dr. Mauricio Arias Garita

Lector



Dr. Marcelo Chaves Sandi

Director Coordinador / Representante

Programa de Posgrado en Anestesiología y Recuperación

Ricardo París

Dr. Ricardo París Azuola

Sustentante

Tabla de contenidos

Hoja de aprobación	i
1. Introducción	1
Pregunta de investigación.....	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	3
Metodología.....	3
2. Marco teórico	4
2.1 Principios básicos de US	5
2.2 US del nervio óptico	12
2.3 US pulmonar	16
2.4 US gástrico	36
2.5 US de la vía aérea	41
2.6 US fAST	50
3. Conclusiones	54
4. Bibliografía	56
5. Anexos	60

1. Introducción

El uso del ultrasonido en el perioperatorio ha ido en aumento en las últimas dos décadas. Su utilidad en ecografía transesofágica, accesos vasculares y anestesia regional ha sido ampliamente estudiada (1). Sus aplicaciones continúan evolucionando, con funciones cada vez más amplias en el paciente críticamente enfermo (2). Actualmente, la ultrasonografía brinda información diagnóstica certera, no invasiva y rápida para pacientes que pueden desarrollar complicaciones graves. (3)

Conforme el ultrasonido se va haciendo más práctico y usado, es importante que los anestesiólogos sean conscientes de las aplicaciones de esta tecnología (4). Mahmood et al., en su artículo “Un llamado a la acción”, sugieren que hay veinticinco usos diagnósticos y diecinueve usos procedimentales del ultrasonido. (5)

Este trabajo no pretende revisar todas las aplicaciones del ultrasonido (US) en el perioperatorio, sino que busca explorar aquellas que sean de beneficio para el paciente y no sean comúnmente usadas en el servicio de anestesiología del Hospital San Juan de Dios. Por tanto se excluirán ecocardiografía transtorácica y transesofágica, los accesos vasculares y la anestesia regional, ya que son frecuentemente usadas en el día a día del servicio.

Los temas por abordar serán los siguientes: principios básicos del US, US del nervio óptico para detección de hipertensión endocraneana, US pulmonar, US para valoración del contenido gástrico, US de la vía aérea y ultrasonido FAST (cuyo nombre proviene de las siglas en inglés “Focused Abdominal Sonography for Trauma”). Se decidió profundizar en estos usos del US debido a que se ha visto que pueden generar un cambio significativo en el manejo anestésico del paciente quirúrgico y disminuyen la morbilidad perioperatoria.(6)

Por ejemplo, se ha documentado que un mejor entendimiento del ultrasonido FAST en el paciente politraumatizado favorece una mayor participación del anestesiólogo en la

resucitación y el manejo perioperatorio (7). Por otro lado, también se ha demostrado que la medición de la vaina del nervio óptico es el mejor método no invasivo para detectar hipertensión endocraneana, lo que puede cambiar el manejo perioperatorio del paciente (8). El US Pulmonar, por su parte, ha comprobado su utilidad al poder diagnosticar posibles complicaciones y establecer diagnósticos diferenciales en el perioperatorio (9).

En los principios básicos del US se incluye la historia, los fundamentos de funcionamiento, los tipos de sonda y los distintos modos. Para el resto de los temas se abarca el tipo y el posicionamiento de la sonda, las patologías que se pueden encontrar y su utilidad en el perioperatorio.

La finalidad del trabajo es que el lector tenga un conocimiento básico de cómo se utiliza el US en los temas tratados, en qué escenarios y/o patologías se podría emplear y qué información puede brindar, todo ello con el objetivo de que en el servicio de anestesiología del Hospital San Juan de Dios (HSJD) se empiece a utilizar el US de una manera más amplia y se logro obtener el mayor beneficio posible del recurso. Lo más importante, en este sentido, es que los pacientes del HSJD tengan mejores resultados perioperatorios, por medio de diagnósticos más certeros y rápidos con el US.

Pregunta de la investigación

¿En qué consiste el ultrasonido FAST, el US del nervio, el US pulmonar, el US de la vía aérea y el US gástrico, y qué usos tienen en el abordaje perioperatorio del paciente quirúrgico?

Objetivo general

Encontrar si hay respaldo en la literatura que justifique el uso del ultrasonido FAST, el US del nervio óptico, el US pulmonar, el US de la vía aérea y el US gástrico en el manejo del paciente quirúrgico en el perioperatorio.

Objetivos específicos

- Determinar cómo se realiza el US FAST, el US del nervio óptico, el US pulmonar, el US de la vía aérea y el US gástrico.
- Reconocer que hallazgos se pueden observar con el US FAST y que patologías se pueden diagnosticar o descartar en el perioperatorio.
- Revisar la literatura sobre el US del nervio óptico y como su diámetro se correlaciona con la presión intracraneana.
- Definir los patrones normales que se pueden observar en el US pulmonar y cuáles patologías pueden identificarse que sean de relevancia para el manejo perioperatorio.
- Precisar la utilidad del US de vía aérea en el manejo anestésico del paciente quirúrgico.
- Establecer cómo se puede emplear el US para valorar el contenido gástrico de manera certera en el paciente quirúrgico.

Metodología

Revisar la bibliografía disponible en bases de datos en línea, de los últimos diez años, sobre el ultrasonido FAST, el US del nervio óptico para detección de hipertensión endocraneana, el US pulmonar, el US de la vía aérea y el US para valoración del contenido gástrico.

2. Marco Teórico

2.1 Principios básicos del US

A pesar de que ha habido muchos avances tecnológicos y las máquinas de US han cambiado en tamaño y en aplicaciones, los principios básicos y funciones fundamentales siguen siendo muy similares (10). En esta sección se revisará la historia, los principios de funcionamiento, las principales sondas y los distintos modos aplicables.

El principio básico del US se describió hace 200 años cuando Lazzaro Spallanzani, un biólogo italiano, determinó que los murciélagos usan ecolocación para cazar en la oscuridad (10). Por su parte, en 1880, Pierre y Jacques Curie descubrieron el efecto piezoeléctrico de ciertos cristales. Estos principios físicos fueron incorporados por primera vez en los submarinos para la detección de enemigos durante la primera guerra mundial. En el campo de la medicina, se empezó a utilizar en 1950 para el tratamiento de la enfermedad de Meniere, enfermedad de Parkinson y la artritis reumatoidea. En 1965 se empleó de manera diagnóstica en obstetricia (11).

El sonido viaja como una onda mecánica longitudinal en la cual el movimiento vibratorio de la partícula es paralelo a la dirección de la onda. El US se refiere a las ondas de sonido que se encuentran por encima de la frecuencia audible por el ser humano (20 a 20 000 Hz). Las máquinas de US modernas usan de 2 a 15 MHz. (10)

Las ondas de US pueden ser generadas por materiales que tengan efecto piezoeléctrico. Estos son objetos con la capacidad de generar una descarga eléctrica en respuesta a una fuerza

mecánica, y que se produzca una deformación mecánica al aplicarles electricidad. Los materiales incluyen cristales de cuarzo, cerámica y circonato de plomo (estos últimos son los utilizados en los equipos de US modernos). (10) Los transductores o sondas son los que tienen estos materiales piezoeléctricos. Entonces, la máquina de US manda señales eléctricas al transductor y, al deformarse el material, se genera una onda sonora. Cuando el transductor recibe una onda sonora, esta deforma el material y se genera una corriente

eléctrica, que la máquina transforma a un punto en la pantalla. El brillo del punto depende de la fuerza de la onda sonora que recibe. (12)

Al atravesar el tejido, las ondas de US encuentran distintas densidades y esto ocasiona que cierta parte se reflejen y la otra parte se transmita. La cantidad que se refleja depende de la diferencia de la impedancia de los distintos medios y el ángulo de incidencia en el límite. Si las impedancias son iguales, no hay reflexión. Pero si las impedancias tienen mucha diferencia, hay reflexión casi completa. Por otro lado, entre más perpendicular se emita la onda hacia el límite, mayor el grado de reflexión. Las ondas que se logran transmitir sufren un cambio de dirección y esto se conoce como refracción (Fig 1). (11)

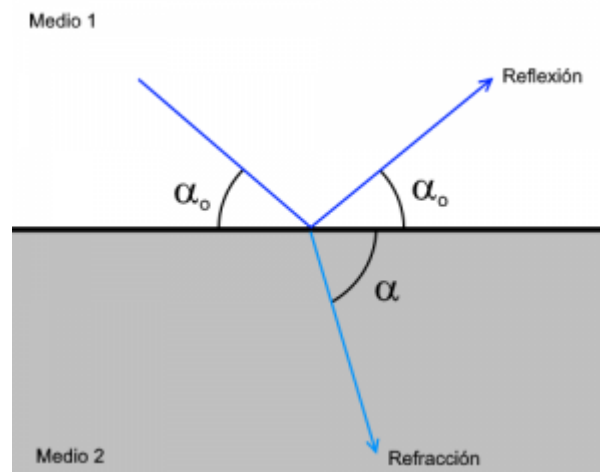


Fig 1. La imagen representa dos tejidos con impedancias diferentes. La flecha azul representa la onda de US en el punto en que sufre reflexión y refracción al llegar al límite de ambos tejidos. α_0 es el ángulo de incidencia de la onda. Tomado de Hadzic y Daquan (2017, p. 503).

Cuando el tejido es muy heterogéneo ocurre otro fenómeno llamado dispersión, en el cual el sonido es redirigido hacia múltiples direcciones. También es de consideración que las ondas sufren absorción, que se define como la conversión de la energía en calor. Entre mayor frecuencia tengan las ondas, mayor calor generan. (11)

Con estos conceptos claros se puede hablar de la ecogenicidad, que se refiere a la habilidad del tejido de reflejar o transmitir las ondas de US en relación con el tejido

circundante. En la figura 2 se observa el nervio ciático de un tono blanco (hiperecogénico), esto quiere decir que muchas de las ondas que llegan al nervio son reflejadas y recibidas nuevamente por el transductor. Los vasos poplíteos se ven negros (hipoecogénicos) porque transmiten la mayoría de las ondas y estas no son detectadas por el transductor. La grasa se ve de color gris (hipoecogénico), ya que transmite algunas ondas y otras las refleja, esto hace que el transductor capte una cantidad menor de ondas. (13)

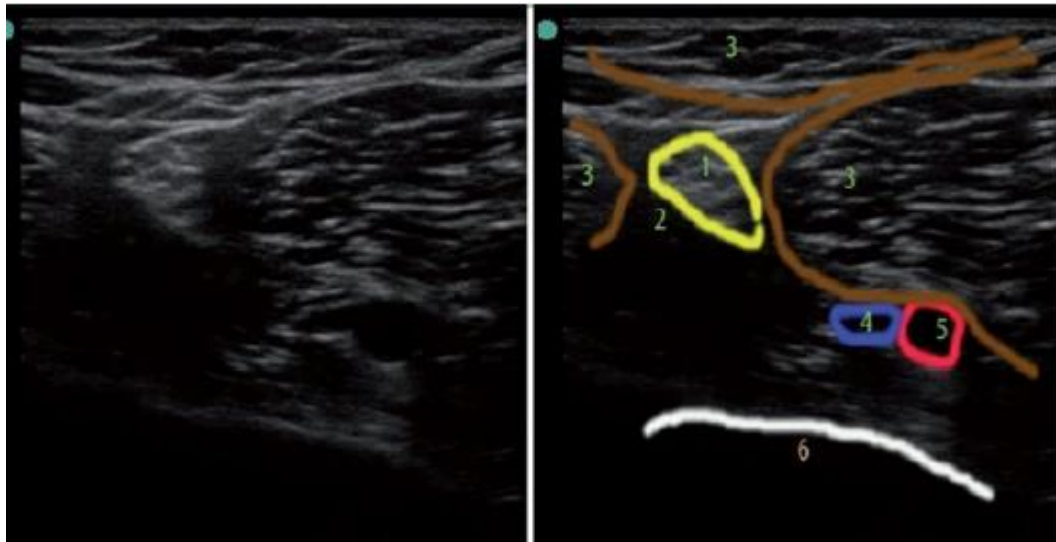


Fig 2. Imagen de la zona poplítea. 1) nervio ciático 2) tejido adiposo 3) músculo 4) vena poplítea 5) arteria poplítea 6) hueso. Tomado de Boezaart e Ilnatsenka (2011, p. 55).

El ángulo en el cual las ondas de US inciden sobre una estructura determina la forma en la que se presenta en la pantalla. Si el ángulo es perpendicular, mayor cantidad de ondas son reflejadas y la imagen es de mejor calidad. Con un ángulo mayor a 45 grados, la imagen se vuelve menos definida. Por lo tanto, se puede mejorar la imagen de una estructura con la inclinación o rotación del transductor, como se puede ver en la figura 3. Cualquier tejido que sufra este fenómeno se dice que tiene anisotropía. Las estructuras con mayor anisotropía son los nervios y los tendones. (13)

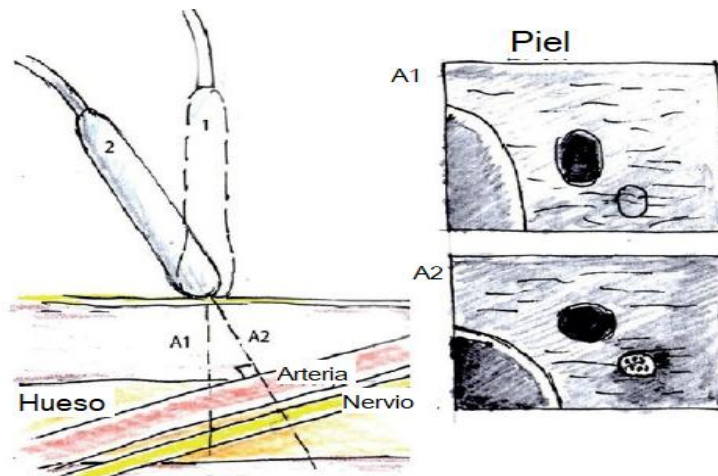


Fig 3. Fenómeno de anisotropía. Con el transductor en posición 1, con un ángulo de incidencia menor a 90 grados se observa la imagen A1, donde el nervio no se aprecia. Si el transductor se coloca en la posición 2, con un ángulo de 90 grados en relación con el nervio, se ve el nervio con mejor definición en la imagen A2. Tomado de Boezaart e Ilnatsenka (2011, p. 55).

Hay muchos tipos de sondas de US para la práctica médica, sin embargo, en este trabajo se abordará la sonda lineal, curva y sectorial (fig 4). Los transductores están compuestos de una cabeza, un cable y un conector. Los cristales piezoeléctricos se encuentran en la punta de la cabeza. A un lado de la cabeza hay una marca que puede ser una luz, un punto o una línea, que sirve de guía para la orientación anatómica en la pantalla del US. En la práctica clínica el marcador tiene que estar dirigido a la derecha o a la cabeza del paciente. (10)



Fig 4. Sondas de US. De izquierda a derecha: sonda lineal, sectorial y curva. Tomado de Enriquez y Wu (2014, p. 30).

Cada sonda está diseñada para emitir ondas sonoras de diferentes frecuencias. A medida que la frecuencia aumenta, la resolución aumenta también, pero la penetración en el tejido disminuye. Por ende, sondas de baja frecuencia tienen menor resolución, pero una profundidad mayor. (12)

La sonda curva tiene una frecuencia entre 2-5 MHz y provee una imagen en forma de cuña, con una visión más amplia de las estructuras profundas. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la medida de profundidad solo es exacta en el medio de la imagen, y que el ancho de la imagen es igual al ancho de la sonda. La sonda sectorial también forma esta imagen en cuña, con la diferencia de que los cristales piezoeléctricos se encuentran más cercanos entre sí y la frecuencia es de 1 – 5 MHz. La sonda lineal tiene una frecuencia entre 6 – 15 MHz, lo que la hace ideal para estructuras superficiales. La imagen en esta sonda es rectangular y de alta resolución. (13)

El US puede obtener imágenes del tejido en tiempo real en modo M, modo B o modo Doppler. En el modo M (modo de movimiento), el transductor emite un solo haz de US y este se grafica en la pantalla sobre un periodo de tiempo conforme hay cambios o movimientos en el tejido. El modo B entrega una imagen bidimensional, debido a que todos los cristales piezoeléctricos de la sonda emiten ondas. Las direcciones horizontal y vertical representan distancias en el tejido, mientras que la intensidad de la escala de grises indica la fuerza con la onda de US es reflejada (fig 5). (11)

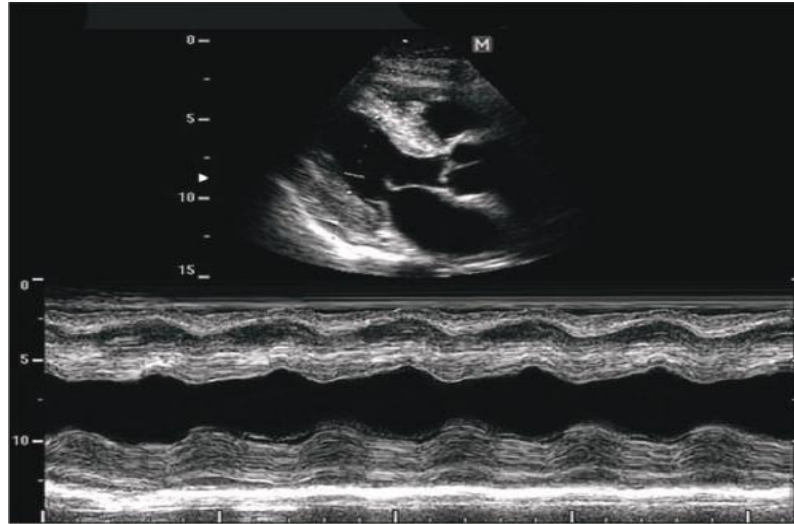


Fig 5. Parte superior muestra el modo B, una imagen bidimensional. La parte inferior muestra el modo M, la dirección horizontal representa el tiempo y la dirección vertical el reflejo del haz de US en las diferentes estructuras. El movimiento de la estructura se observa como la imagen ondulada. Tomado de Hadzic y Daquan (2017, p. 510).

Para poder entender el modo Doppler es necesario explicar el efecto Doppler, que consiste en el cambio de la frecuencia de las ondas de sonido por el movimiento relativo de la fuente de sonido con respecto al receptor. Si la fuente de sonido se acerca al receptor, las ondas de US se comprimen (aumentan su frecuencia), y si la fuente se aleja, las ondas se alargan (disminuyen su frecuencia). La magnitud del cambio también depende del ángulo de incidencia del transductor sobre el tejido: a 90 grados no se observa ningún cambio, mientras que a 0 o a 180 grados el cambio es el mayor. El modo Doppler es un cuadro sobre el modo B, donde muestra un mapa de colores. Azul corresponde a alguna partícula que se aleja del transductor y el rojo a una partícula que se acerca (fig 6). (11)

Las distintas máquinas de US difieren en la tecnología usada, los modos que ofrecen, las sondas disponibles, etc., pero los conceptos básicos que se describieron en este trabajo son iguales para todas las máquinas, por lo que resulta importante conocerlos para optimizar la imagen y mejorar el uso del US en la práctica clínica.

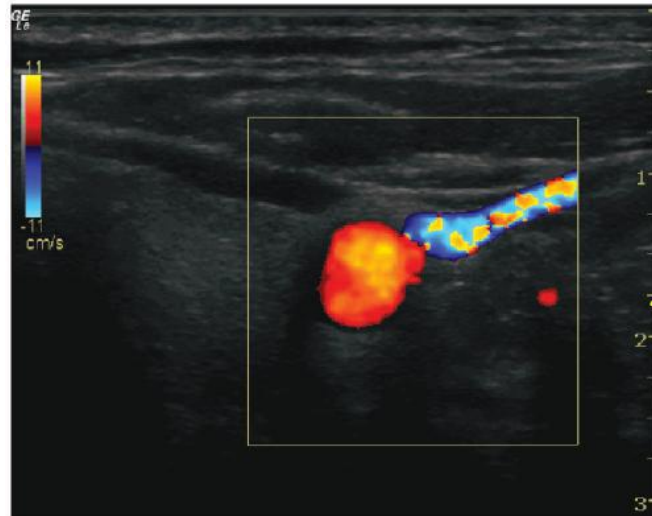


Fig 6. Modo Doppler. La imagen representa el modo B y el recuadro el modo Doppler. La parte superior izquierda demuestra el mapa de colores, que brinda tanto la dirección de la partícula, como su velocidad dependiendo del color que se muestre en la pantalla. Tomado de Hadzic y Daquan (2017, p. 511).

2.2 US del nervio óptico

La presión intracraneana (PIC) elevada es un problema común en las unidades de cuidado neurointensivo y, según las guías actuales, la presión meta es menos de 20 mmHg (14). La PIC elevada es una condición crítica que es causa importante de lesión cerebral secundaria y puede ser asociada con un mal pronóstico y muerte, por lo que requiere un reconocimiento rápido para poder dar un tratamiento oportuno y efectivo. Los signos clínicos de PIC elevada como alteración del estado de conciencia y vómitos, son poco confiables e inespecíficos para el daño cerebral. (8)

El “gold standard” para la detección de PIC elevada es el monitoreo invasivo, por medio de un catéter intraventricular. Sin embargo, al ser un método invasivo conlleva riesgo de hemorragia intracerebral, infección, obstrucción, disfunción y malposición, por lo que este método no puede ser usado en todos los pacientes y es necesario valorar el riesgo – beneficio antes de utilizarlo. Por ejemplo, en pacientes con trauma cráneo encefálico (TCE) tiene indicaciones muy puntuales: cuando hay alta sospecha de PIC elevada, los pacientes con una escala de Glasgow de menos de 8 puntos y aquellos que necesiten terapia agresiva. El resto de los pacientes tienen indicaciones menos claras para iniciar el monitoreo y depende del criterio clínico. (15)

Los métodos no invasivos no acarrearán tales complicaciones, por lo que pueden utilizarse en la mayoría de los pacientes en que se sospeche PIC elevada. El método ideal tiene que ser confiable, preciso, costo-efectivo, que no requiera equipo especializado, sencillo de realizar y que se pueda hacer en la cama del paciente (14). Algunas técnicas disponibles son el doppler transcraneal, la resonancia magnética, la tomografía axial computarizada (TAC), la medición del desplazamiento de la membrana timpánica y la medición del diámetro retrobulbar de la vaina del nervio óptico. Este trabajo se va a enfocar en esta última técnica (16).

La duramadre, el espacio subdural y el LCR se extienden alrededor del nervio óptico y forman la vaina que recubre a dicho nervio. Por lo tanto, una elevación de la PIC se

transmite a la vaina causando edema del disco óptico y papiledema. Para que se forme el papiledema, que se puede observar por medio de un fondo de ojo, se requiere desde horas hasta días, pero se ha demostrado en estudios cadavéricos que la distensión de la vaina retrobulbar del nervio óptico ocurre en segundos. (14)

Esta distensión se puede medir usando el US. Se coloca un transductor lineal de alta frecuencia sobre el párpado, en plano sagital o transversal, en modo B, y se mide el diámetro de la vaina 3mm detrás del globo ocular (Fig 7). La duración del estudio debe de ser corta debido al calor que genera el transductor. (3)

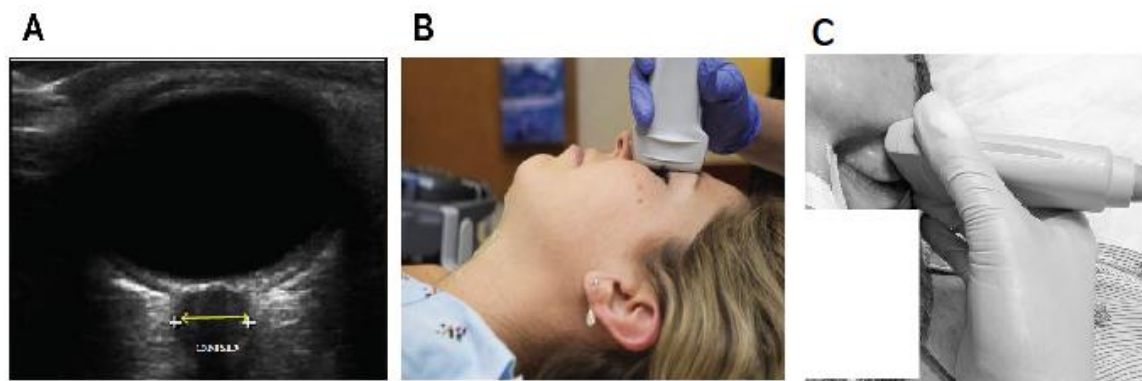


Fig 7. US del nervio óptico. A) En modo B, el globo ocular es la figura redonda hipoecogénica y la vaina representa la zona hipoecogénica detrás del globo. El diámetro se mide 3mm detrás del globo ocular. B) Transductor lineal en posición sagital y C) posición transversa. Tomado de Ratzlaff et al. (2015, p.129).

Para demostrar la validez de esta técnica, Rajajee et al. Tomaron a todos los pacientes ingresados a la unidad de cuidados neurointensivos de noviembre del 2008 a mayo 2011 que tenían un dreno ventricular externo o un monitor de PIC intraparenquimatosa (en total fueron 65 pacientes). Se les midió el diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) de manera simultánea con la medida invasiva de manera intermitente. Se realizaron 3 medidas de cada nervio óptico y se tomó la medida máxima y mínima de PIC invasiva durante el examen. Concluyeron que un DVNO igual o mayor a 0.48cm se correlaciona con una PIC mayor a 20 mmHg (sensibilidad 96%, especificidad 94%, valor predictivo positivo de 84% y valor predictivo negativo 99%) y que un DVNO igual o mayor a 0.52cm

se correlaciona con una PIC mayor a 25 mmHg (sensibilidad 98%, especificidad 91%, valor predictivo positivo de 53% y valor predictivo negativo de 100%). (14)

También concluyeron que la ventilación mecánica afecta muy poco las medidas de DVNO y que se debería de usar un valor mayor o igual a 0.5 cm para la detección de PIC mayor a 20 mmHg. (14)

Otro estudio realizado por Robba et al. tomó a los pacientes ingresados a la unidad de cuidados neurointensivos por trauma cráneo encefálico, hemorragia subaracnoidea y eventos cerebrovasculares que ameritaron medición invasiva de la PIC (en total 22 pacientes). Se midió el DVNO en el plano transversal y en el sagital de ambos ojos dos veces al día o cuando había un cambio significativo en la PIC, y se anotaba la medida promedio. Estas medidas se tomaron durante los primeros 5 días de estancia y se compararon con la PIC invasiva y el doppler arterial y venoso. (8)

Se demostró que el DVNO tenía la mejor correlación con la PIC invasiva y, además, predice de manera más certera la hipertensión endocraneana. Si se toma el valor de corte de 5.2 a 5.9 mm, tiene una sensibilidad de 74-95% y una especificidad de 74-100%. (8)

Moretti et al. estudiaron 63 pacientes adultos con hemorragia intracerebral y subaracnoidea que requirieron monitoreo invasivo de la PIC. Se les midió el DVNO durante el ingreso y al día siguiente concomitante con la PIC invasiva y parámetros hemodinámicos. Los operadores que hacían la medición del nervio desconocían los otros parámetros. A 12 de esos pacientes con una PIC mayor a 20 mmHg se les midió el diámetro antes y 1 minuto después de drenaje de LCR. (17)

En este estudio, se pudo definir una correlación significativa entre el DVNO y la PIC. El valor de corte propuesto fue de 5.2 mm para una PIC de más de 20mmHg, con una especificidad del 73% y una sensibilidad del 93%. También se concluyó que el drenaje de LCR con la subsecuente disminución de la PIC también redujo el DVNO. (17)

Estos diferentes resultados de los estudios en cuanto al valor de corte para definir PIC elevada se pueden deber al número de mediciones, los valores de PIC usados, el retraso entre la medida del DVNO y la PIC y artefactos que se generan detrás del globo ocular. (17)

Hay varios estudios que demuestran una correlación significativa entre el DVNO y la PIC con buena especificidad y sensibilidad. Es un estudio simple, repetible y que se puede realizar en la cama del paciente. Sin embargo, no puede usarse como sustituto de PIC invasiva, ya que requieren de un operador experimentado, el valor de corte todavía no está estandarizado y solo da un valor cualitativo, es decir, solo indica si tiene hipertensión endocraneana o no. (8,14,16)

En el contexto perioperatorio, la medición del DVNO adquiere importancia en los pacientes neuroquirúrgicos y aquellos con TCE, ya que estos tipos de pacientes tienen un riesgo aumentado de tener una PIC elevada. En todos los pacientes en los cuales se sospeche hipertensión endocraneana, se puede hacer en una primera instancia una medición rápida con el US para orientar el diagnóstico. Siempre es importante basarse en alguna otra técnica para realizar el diagnóstico, debido a que no hay suficientes estudios para recomendar el US sobre otros métodos. El US ayuda a tomar decisiones de una manera más oportuna y acertada, mejorando los resultados en morbilidad y mortalidad. (8)

2.3 US pulmonar

A pesar de que los beneficios del US pulmonar han sido ampliamente descritos en la literatura de medicina de emergencia y cuidados intensivos, ha habido poca incorporación dentro del área de la anestesiología. Estudios clínicos han demostrado que el US pulmonar tiene ventajas sobre métodos convencionales como la radiografía de tórax, TAC y fluoroscopia. El US puede dar una evaluación rápida, no invasiva y a la cabecera del paciente, para obtener información importante en tiempo real, mientras se limita la exposición a la radiación. (9)

Es necesario abordar los aspectos principales de la técnica del US pulmonar, los patrones normales y los artefactos que sirven de base para la detección de las patologías, y los patrones de las enfermedades principales. (18)

La sonda recomendada es la de baja frecuencia de 3.5-5 MHz para el estudio de planos profundos, ya que permite la caracterización de consolidaciones y derrames pleurales. Se puede utilizar sondas con frecuencias por encima de 5MHz, como la sonda lineal, para las estructuras más superficiales (por ejemplo, la pleura) de modo que se obtenga una mejor resolución. La visión tan estrecha de la sonda sectorial no es adecuada para el espacio pleural. (18)

El pulmón es el órgano más voluminoso del cuerpo, por lo que se decidió crear puntos estandarizados para simplificar el análisis: los puntos BLUE (por sus siglas en inglés Bedside Lung Ultrasound in Emergency) y el punto PLAPS (por sus siglas en inglés Posterior Lateral Alveolar Pleural Syndrome); ambos se pueden observar en la fig 8. (19)

Para realizar un estudio más detallado de los pulmones, se puede utilizar las zonas pulmonares y explorar cada una de ellas. Cada hemitórax se divide en 4 áreas por medio de la línea axilar anterior y de una línea horizontal desde la unión del tercio medio con el inferior del esternón (fig 9). (18)

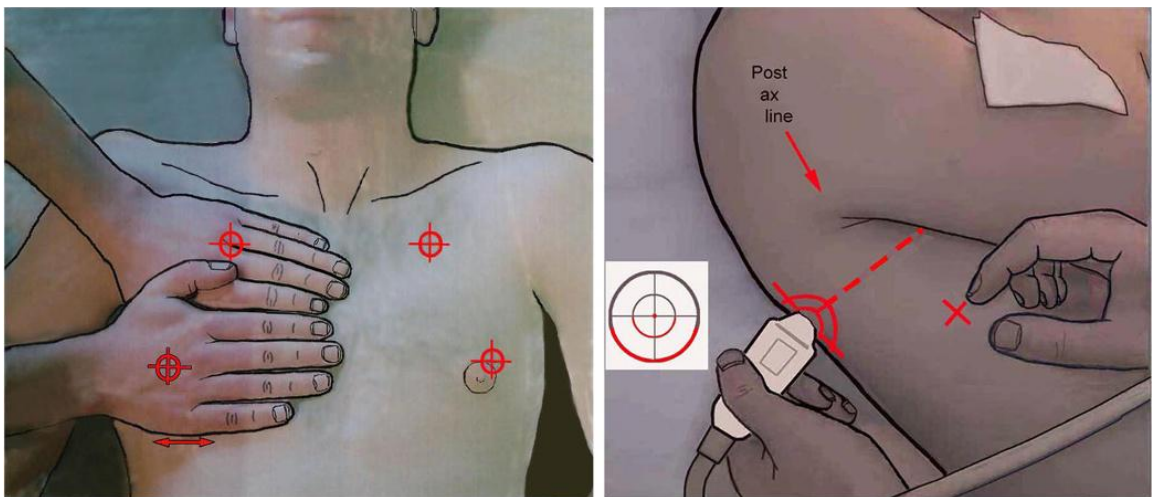


Fig 8. Puntos de BLUE. Se colocan las dos manos en el tórax (equivalentes a las manos del paciente) con la mano superior tocando la clavícula y excluyendo los pulgares. El punto BLUE superior se encuentra en la mitad de la mano superior. El punto BLUE inferior se localiza en la mitad de la palma de la mano inferior. El punto PLAPS se forma por la intersección de una línea horizontal desde el punto BLUE inferior y la línea axilar posterior. Tomado de Lichtenstein (2014, p. 2).

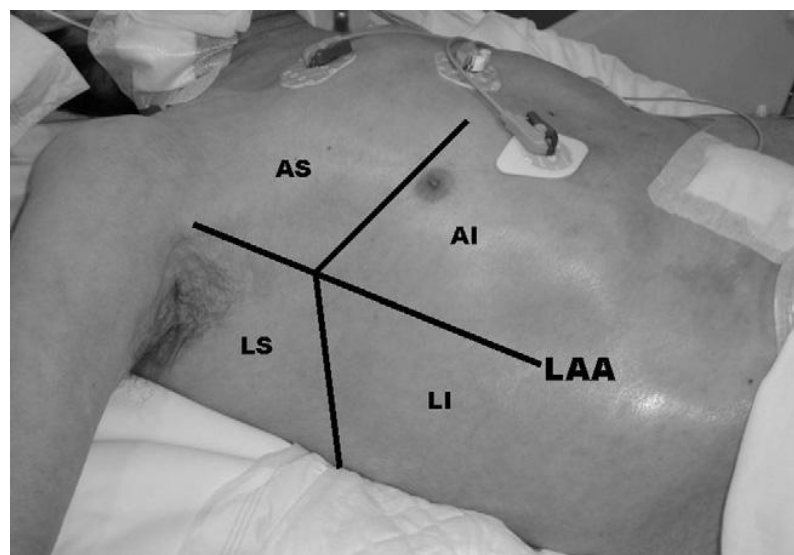


Fig 9. Zonas pulmonares. AI: anteroinferior; AS: anterosuperior; LAA: línea axilar anterior; LI: lateroinferior LS: laterosuperior. Tomado de Colmenero y Garcí (2010, p. 120).

Una vez identificados estos puntos estandarizados se puede iniciar con el reconocimiento de los patrones ecográficos que se observan en una valoración pulmonar normal. La pleura es la primera estructura que se debe visualizar. Para lograrlo, se coloca el transductor lineal en la pared torácica anterior en forma perpendicular a los espacios intercostales. Así, se pueden ver 2 costillas (en el US la costilla es una línea hiperecogénica redondeada con una sombra acústica inferior) y la pleura, una línea hiperecogénica, brillante, profunda y acuñada entre las costillas. En conjunto, estas imágenes forman el signo del murciélago (Fig 10). La pleura tiene 2mm de ancho y la capa parietal y visceral están separadas entre si por el espacio pleural que mide 0.3mm; sin embargo, con los US actuales, la línea es única y representa la superficie de unión pleuropulmonar. (9,18)

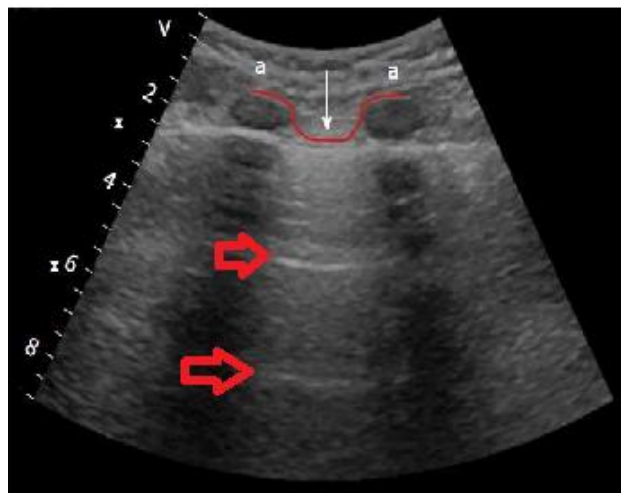


Fig 10. a: las costillas con su sombra acústica, flecha blanca: la pleura, la línea roja demuestra el signo del murciélago y las flechas rojas demuestran las líneas A. Tomado de Haskins et al. (2017, p.289).

La diferencia de impedancias entre la pleura y el pulmón aireado es muy alta, por lo que los haces de US no pueden penetrar y son reflejados. El patrón del pulmón representa artefactos por reverberación que dan un aspecto moteado. (18)

La característica principal que tiene la pleura se llama deslizamiento pulmonar, que consiste en un movimiento dinámico horizontal, como una cortina que se abre y se cierra

con la respiración. Si no hay respiración, el signo que se ve es el pulso pulmonar que corresponde a la vibración pasiva de la pleura por el ciclo cardíaco. Si se aplica el modo M, se distinguen 2 zonas separadas por una línea hiperecogénica que es la pleura, y juntas forman el signo de la playa: la parte superior (el mar) es la pared torácica, formada por líneas horizontales debido a que esta zona tiene poco movimiento, y la parte inferior, la arena, de aspecto granulado por su movimiento constante (fig 11). (18,20)

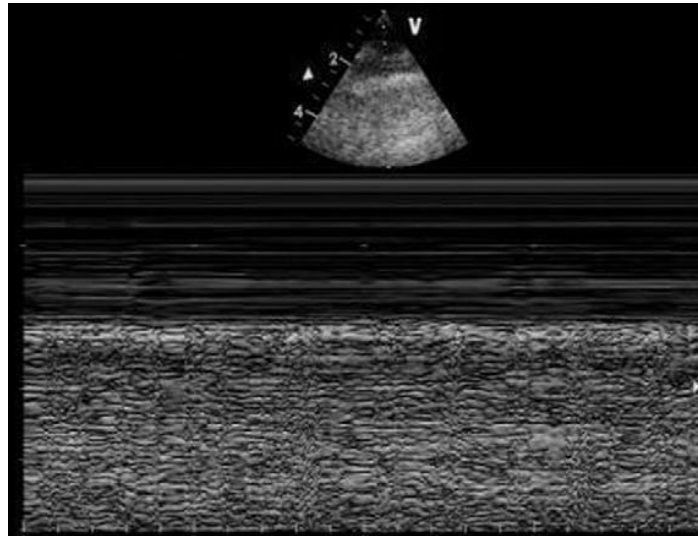


Fig 11. Signo de la playa. En el modo M, el mar: la parte superior y la arena: la parte inferior. Tomado de Colmenero y Garcí (2010, p. 123).

Hay algunos artefactos que se producen por reverberación y reflexión de las ondas de US en el tejido pulmonar sano. Las líneas A son hiperecogénicas horizontales y paralelas a la pleura, que se sitúan a una distancia múltiplo de la existente entre el transductor y la línea pleural; estas líneas traducen la presencia de aire en el tejido pulmonar (Fig 10).

Las líneas B o colas de cometa son hiperecogénicas verticales que salen desde la pleura hasta el final de la pantalla y se mueven de manera sincrónica con el deslizamiento pulmonar. Son el resultado de la reverberación vertical de las ondas de US sobre los septos interlobulares. Las líneas B son normales en las áreas dependientes del pulmón y se pueden ver hasta 3 entre cada espacio intercostal (Fig 12). También hay que tomar en cuenta que los adultos mayores tienen un mayor número de líneas B en tejido pulmonar normal. (18,21)

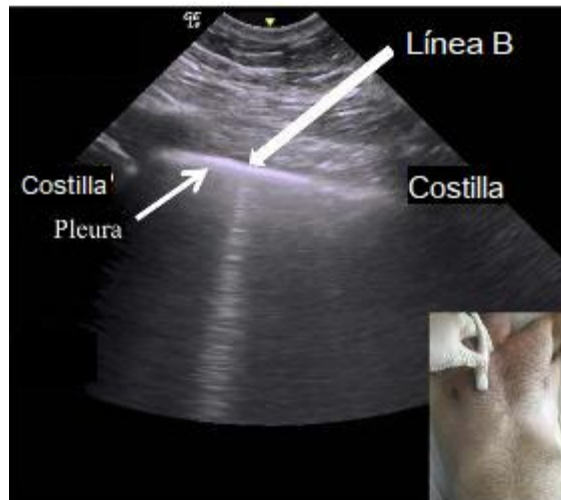


Fig 12. Líneas B. Se observa la colocación del transductor en el tórax anterior. Líneas verticales hiperecogénicas que van desde la pleura hasta al final de la pantalla corresponde a las líneas B. Tomado de Haskins et al. (2017, p.289).

Una vez conocido lo que se puede apreciar en el US pulmonar de un paciente sano, se puede proceder a caracterizar las diferentes patologías. En este trabajo se dividirán las patologías en: síndrome intersticial, consolidación pulmonar, neumotórax, derrame pleural y parálisis diafragmática.

2.3.1 Síndrome intersticial

El síndrome intersticial se refiere a cualquier enfermedad que involucre el espacio alveolar e intersticial, como por ejemplo el edema pulmonar, la neumonía intersticial, la neumonitis y la fibrosis pulmonar. Se caracteriza por la presencia de más de 3 líneas B por espacio intercostal y traduce que los septos interlobulares se encuentran engrosados (Fig 13). Si la separación entre las líneas es de aproximadamente 7mm, se puede hablar de edema intersticial, y si la distancia es de 3 mm corresponde a edema alveolar. Sin embargo, no se puede conocer la causa del edema (agua, pus, fibrosis, infiltración, etc.) ni el mecanismo de producción. (18,21)

La presencia de líneas B tiene una sensibilidad para detectar síndrome intersticial de 93% en comparación con la radiografía de tórax y el TAC. En pacientes que requieren un

diagnóstico rápido como aquellos con un distrés respiratorio agudo, se puede hacer un escaneo en los puntos Blue superiores e inferiores. Por otro lado se puede hacer una examinación más exhaustiva en todas las zonas pulmonar en algún paciente con disnea que no requiere tratamiento inmediato. (20)

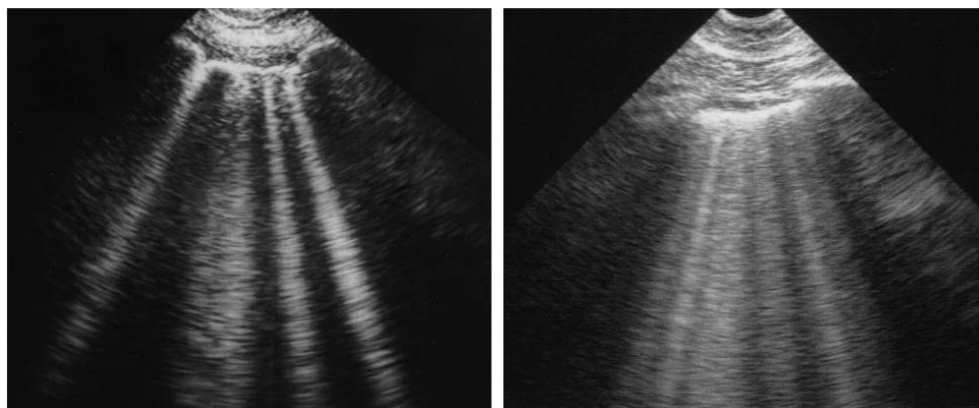


Fig 13. Síndrome intersticial. En la imagen de la izquierda se observan 5 líneas B (edema intersticial) y en la imagen de la derecha el doble de líneas B (edema alveolar). Tomado de Lichtenstein (2014, p. 10).

El edema pulmonar requiere una mención especial, ya que los signos clínicos de un paciente con congestión pulmonar aparecen tardíamente. Dar un tratamiento previo al inicio de la sintomatología y que el paciente se encuentre totalmente libre de congestión al egreso puede mejorar el pronóstico. (22)

Picano et al. realizaron un estudio de la valoración del agua extravascular pulmonar (AEVP, este término se refiere al agua que se encuentra dentro de los pulmones pero fuera de los vasos) por medio del US. La aparición de líneas B corresponde una pérdida progresiva de aire por volumen de tejido pulmonar con el correspondiente aumento de AEVP (fig 14). (22)

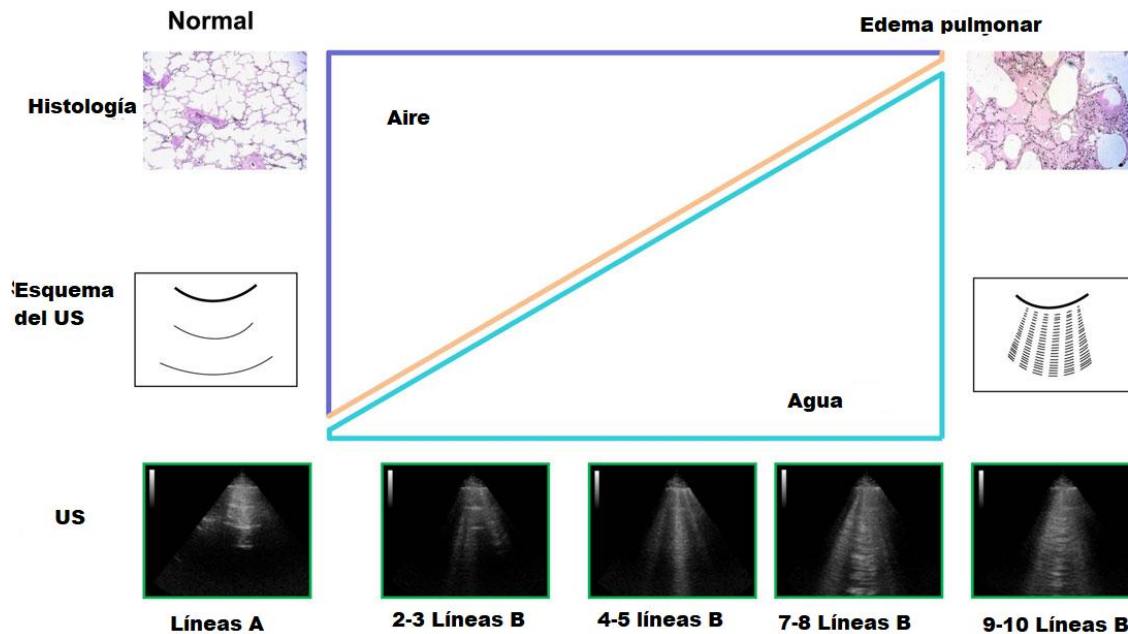


Fig 14. Edema Pulmonar. En la imagen se observa un aumento progresivo del edema pulmonar con un incremento en la cantidad de agua en relación con el aire y un mayor número de líneas B por espacio intercostal. También se puede apreciar el cambio que ocurre a nivel histológico. Tomado de Picano y Pellikka (2016, p. 2100)..

La cantidad de líneas B que se observan tiene una correlación importante con la cantidad de agua extravascular pulmonar. El protocolo para la evaluación se hace con un barrido de anterior a lateral (líneas: paraesternal, media claviclar, axilar anterior y medio axilar) en los espacios intercostales del segundo al cuarto en hemitórax izquierdo y del segundo al quinto en hemitórax derecho, y se cuenta la totalidad de líneas B que existen. No hay agua extravascular pulmonar cuando se visualizan menos de 5 líneas B. De 6-15 líneas se habla de edema leve, de 16-30 edema moderado y más de 30 líneas es un edema grave. (22)

Además, la cantidad de líneas B puede usarse para la monitorización de los pacientes con edema pulmonar y su respuesta al tratamiento porque, si el paciente tiene una adecuada evolución, la cantidad de líneas B disminuye en unas cuantas horas y ocurre lo opuesto si su estado empeora. (22)

2.3.2 Consolidación pulmonar

El ultrasonido en detección de consolidación pulmonar tiene una especificidad de 98% y sensibilidad del 90%, pero se necesitan dos condiciones. La primera es asegurarse de que la imagen que se observa se encuentra intratórácica, lo cual no es tan relevante para localizaciones apicales o mediales, pero para consolidaciones basales es muy importante. En estos casos hay que visualizar el diafragma para evitar confusiones con el parénquima hepático o esplénico, ya que con el paciente en decúbito supino y/o con pérdida de volumen, estos dos órganos se encuentran en una posición más cefálica. El segundo requisito es que la consolidación esté en contacto con la pleura (esto ocurre en el 90-98% de los casos), ya que de lo contrario no será posible que los haces de US la alcancen (fig 15). (18)

Se puede hacer la valoración con cualquier sonda, pero teniendo en mente las limitaciones de cada una. En consolidaciones pequeñas, la sonda lineal la magnifica, y la curva da una imagen de menor resolución. Con las consolidaciones grandes, la sonda lineal no puede detectar el límite de la consolidación, por lo cual la sonda convexa es la ideal. (20)



Fig 15. Consolidación pulmonar. En la parte izquierda de la imagen se puede observar el diafragma y el hígado, del lado derecho la consolidación con un derrame pleural alrededor. En este caso se cumplen los dos requisitos. Tomado de Khosla (2012, p. 111).

Tomando en cuenta los dos requisitos, se tienen los siguiente criterios diagnósticos:

- Patrón tisular: En la consolidación , los espacios aéreos se llenan de líquido o de células inflamatorias, por lo que se vuelve un tejido con una buena transmisión de las ondas de US. El pulmón se convierte en una masa sólida y densa. Se vuelve hipoecogénico en comparación con el pulmón aireado, el hígado y bazo, y adquiere este patrón por su similitud ultrasonográfica a los órganos sólidos (Fig 15). Este es el púnico criterio imprescindible para el diagnóstico, los demás son complementarios. (20)
- Límites anatómicos: El borde superficial corresponde a la pleura y es regular, el borde profundo es irregular que corresponde al límite de la consolidación (al menos que sea una consolidación lobar completa, que es regular) (fig 16). (18)
- Ausencia de artefactos: como el aire es desplazado del pulmón, las líneas A y B se pierden porque para su aparición dependen de la interacción aire/pulmón (fig 16). (18)
- Broncograma aéreo: Consiste en la presencia de aire en los bronquios o alveolos rodeados de pulmón consolidado y se manifiesta como líneas o puntos hiperecogénicos. (Fig 16). (20)

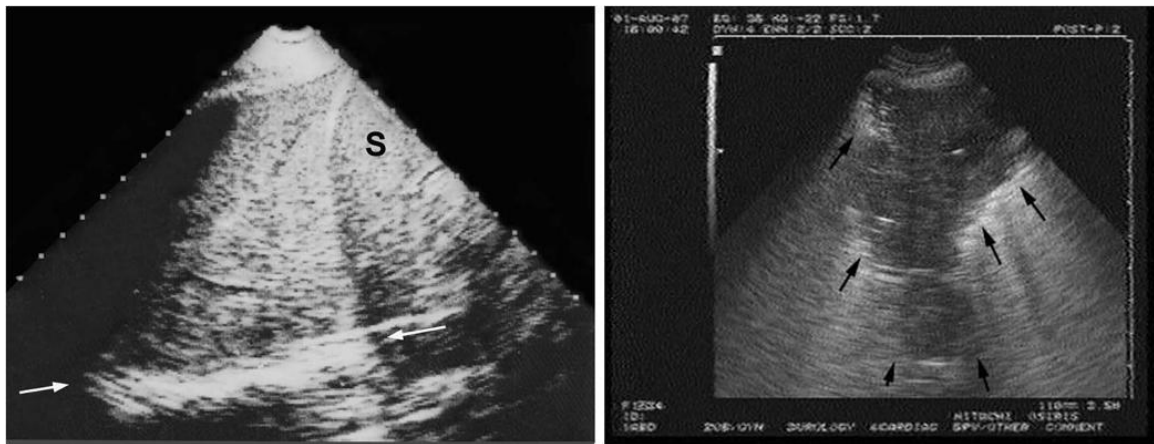


Fig 16. Consolidación pulmonar. En la imagen de la izquierda se puede ver una consolidación masiva de unos 10 cm que llega hasta el mediastino, que se señala con flechas. Se muestra el patrón tisular similar al vaso (marcado con una S) y broncograma aéreo que corresponde a los puntos hiperecogénicos. Hay ausencia de líneas A y B. En la imagen de la

derecha se exhibe una consolidación del lóbulo medio, las flechas señalan el límite entre la consolidación y el pulmón aireado. Tomado de Lichtenstein (2014, p. 9).

El US no distingue la causa de la consolidación, que puede ser por atelectasia, neumonía, contusión, infarto, tumor, etc. Se necesitan otros datos clínicos o pruebas complementarias para poder realizar el diagnóstico diferencial. (18)

2.3.3 Neumotórax

La detección del neumotórax es de suma importancia para el anestesiólogo porque sin un diagnóstico temprano, puede llevar a complicaciones más graves, incluso la muerte. Por ejemplo, resulta importante descartar un neumotórax en pacientes con trauma de tórax, después de colocar un catéter venoso central, aquellos que vayan a ser trasladados por medios aéreos, luego de un bloqueo de nervio periférico, etc. El US tiene una sensibilidad de 90-100% y una especificidad del 99%, aún cuando este sea pequeño. (9)

La valoración debe iniciarse en las zonas no dependientes del pulmón, donde el aire se acumula. Con el paciente en posición supina solo es necesario explorar ambos puntos BLUE. Al existir aire entre la pleura parietal y pleura visceral, el primer signo es la pérdida del deslizamiento pulmonar o del pulso pulmonar, que tiene un valor predictivo negativo de 100%. Esto quiere decir que si se observa deslizamiento pulmonar en múltiples zonas, se podría descartar un neumotórax. (23)

Sin embargo, la ausencia de este signo no es patognomónico, ocurre en muchas otras patologías como la consolidación, atelectasia, contusión pulmonar, intubación bronquial y adherencia pleurales, por lo que hay que considerar la clínica del paciente y otros hallazgos ultrasonográficos y radiológicos. (18,19)

En el modo M se pierde el signo de la playa y solo se ven líneas horizontales, lo que se conoce como el signo de la estratosfera o del código de barras (Fig 17). Es posible observar las líneas A pero, por otro lado, si se observan líneas B, se puede descartar el

diagnóstico de neumotórax, ya que para que se produzcan tiene que existir contacto entre ambas pleuras. (21)

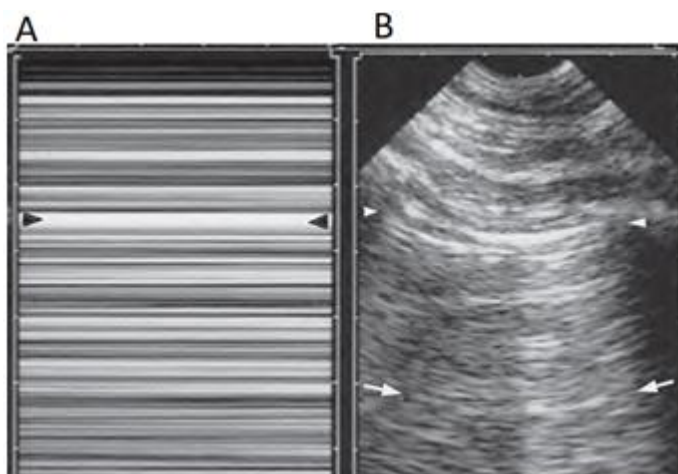


Fig 17. Neumotórax. A) En modo M, signo del código de barras o de la estratósfera. B) En modo B, solo se observan las líneas A marcadas con flechas. Tomado de Lichtenstein (2014, p. 315).

El signo patognomónico del neumotórax es el punto pulmonar. El mismo consiste en el límite de patrón pulmonar sano y el patrón sugestivo de neumotórax. En el modo M se observa el signo de la playa en inspiración y el signo de la estratosfera en espiración. Esto ocurre porque en inspiración el pulmón alcanza la pared torácica y en espiración se aleja (Fig 18). Si el punto pulmonar es anterior indica que el neumotórax es moderado, si alcanza el punto PLAPS indica que es de gran tamaño. Este signo no se da en neumotórax complejos que tengan adherencias o en neumotórax masivos donde el pulmón no alcanza la pared torácica. (18)

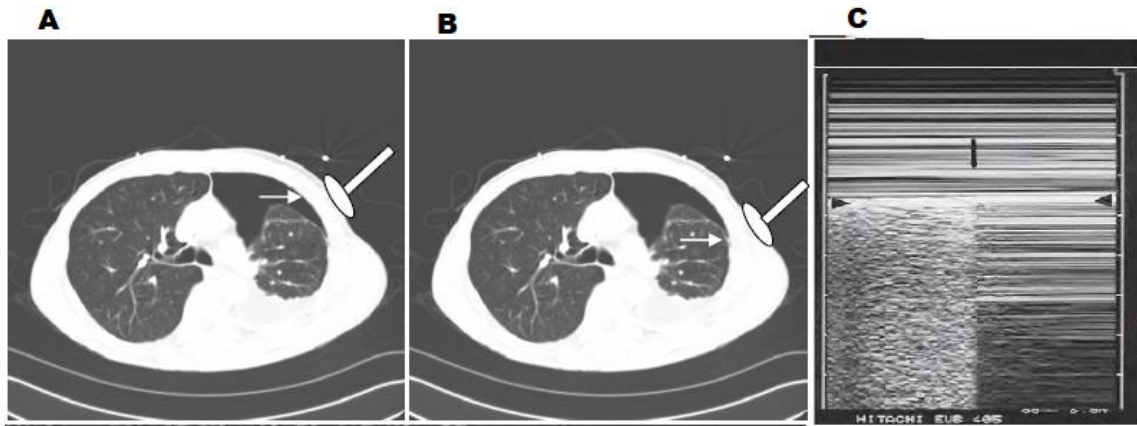


Fig 18. Punto pulmonar. Imagen de TAC: A y B muestran la colocación de la sonda y el movimiento en espiración (A), donde el aire se interpone entre la sonda y el pulmón; y en inspiración (B) donde el pulmón se expande. C) Modo M: límite donde hay patrón pulmonar sano y el patrón sugestivo de neumotórax. Tomado de Khosla (2012, p. 115).

Para diagnosticar o excluir un neumotórax hay que realizar un abordaje ordenado y se puede seguir el algoritmo que se expone en la fig 19. (9)

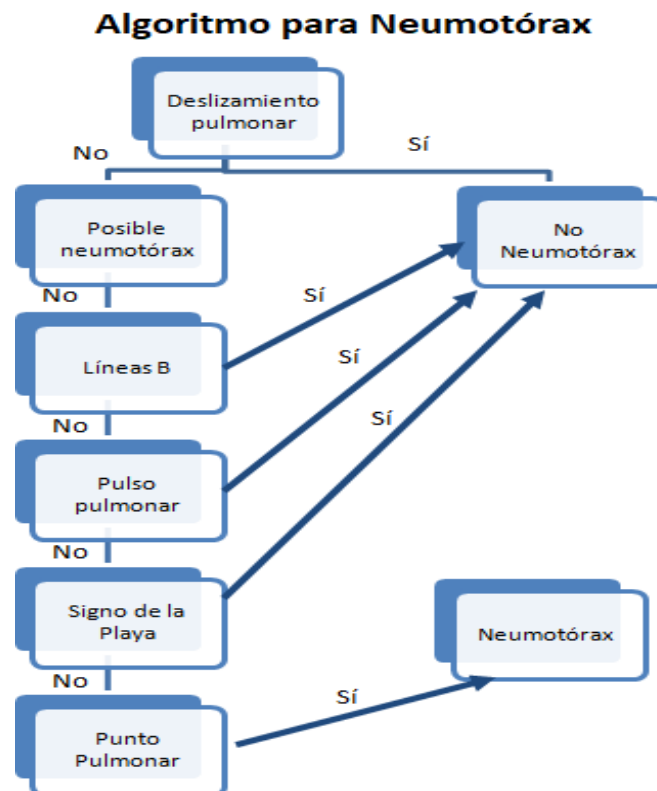


Fig 19. Algoritmo para Neumotórax. Tomado de Haskins et al.(2017, p. 289).

2.3.4 Derrame pleural

El derrame pleural se visualiza como una imagen anecoica entre las dos pleuras en el punto PLAPS, donde se pueden ver la mayoría de los derrames sin importar su volumen, con una especificidad de 97% y sensibilidad del 93%. Se pueden detectar derrames desde los 5 ml. (24)

El límite profundo de la colección es regular y paralelo a la pared torácica, se conoce como el signo del límite regular. Cuando el derrame es grande causa atelectasias compresivas y aparece el signo de la medusa o la lengua, que corresponde movimiento del pulmón dentro del derrame. Si se utiliza el modo M a través de un derrame de baja viscosidad se obtiene el signo del senoide, que se observa como variaciones del espacio interpleural con la respiración (Fig 20). (21)

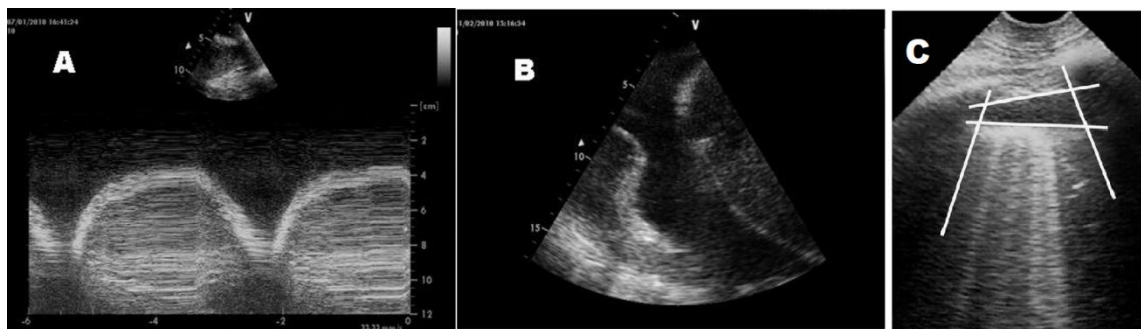


Fig 20. A) Signo del senoide: representa la variación del espacio interpleural con la respiración. B) Imagen anecoica entre las dos pleuras y además signo de la medusa o la lengua por atelectasia compresiva del parénquima pulmonar. C) Signo del límite regular. Tomado de Colmenero y Garcí (2010, p.620).

El US también ayuda en caracterizar el derrame y clasificarlo en los siguientes tipos:

- Simple: la colección se observa anecoica en su totalidad.
- Complejo no tabicado: la colección es anecoica con material ecogénico puntiforme en su interior (Fig 21).
- Complejo tabicado: la colección es anecoica con material ecogénico en forma de filamentos (Fig 21).

- Ecogénico difuso: es ecogénico homogéneamente, por la presencia de fibrina, material necrótico, proteínas y/o sangre. Habitualmente corresponde a hemotórax o empiema (Fig 21). (23)



Fig 21. Tipos de derrame pleural. Imágenes de izquierda a derecha: complejo tabicado, complejo no tabicado, ecogénico difuso. Tomado de (2012, p. 119).

Los derrames simples pueden ser transudados o exudados y se necesita de mas estudios para definirlo. En cambio, los derrames complejos o ecogénicos difusos siempre son exudados. (18)

Se puede medir el volumen del derrame en forma cualitativa (mínimo, pequeño, moderado o masivo) o cuantitativa. No obstante, los pacientes en el medio perioperatorio normalmente se encuentran en posición decúbito y el derrame se moviliza y se distribuye de acuerdo con el grado de inclinación, esto hace que las medidas sean menos exactas. La forma cualitativa es subjetiva y el operador dependiente. (24)

Ibitoye et al. compararon 4 fórmulas para estimar el derrame de manera cuantitativa en 32 pacientes despiertos en posición decúbito dorsal y sentados. Concluyeron que la de Balik, es la más precisa para un paciente en posición supina, con un coeficiente de correlación de 0.72. La medición se realiza con el transductor en la línea axilar posterior y se busca el espacio intercostal con mayor cantidad de líquido. Luego se coloca la sonda de forma transversal y perpendicular al paciente, y se mide desde la superficie pulmonar

hasta la pared torácica. El valor en mm se multiplica por 20 y el resultado es la cantidad estimada de derrame pleural. (24)

La fórmula de Goecke es la más exacta de todas, pero tiene el inconveniente que el paciente tiene que estar sentado. Tiene un coeficiente de correlación de 0.81. Se necesitan dos medidas en el punto PLAPS con la sonda en posición longitudinal para poder realizar el cálculo. Primero se mide la extensión craneocaudal y luego la distancia entre la base pulmonar y la mitad del diafragma, ambas en cm. Las dos medidas se suman y luego se multiplica por 70 (constante empírica) y el resultado es el volumen estimado (Fig 22). (24)

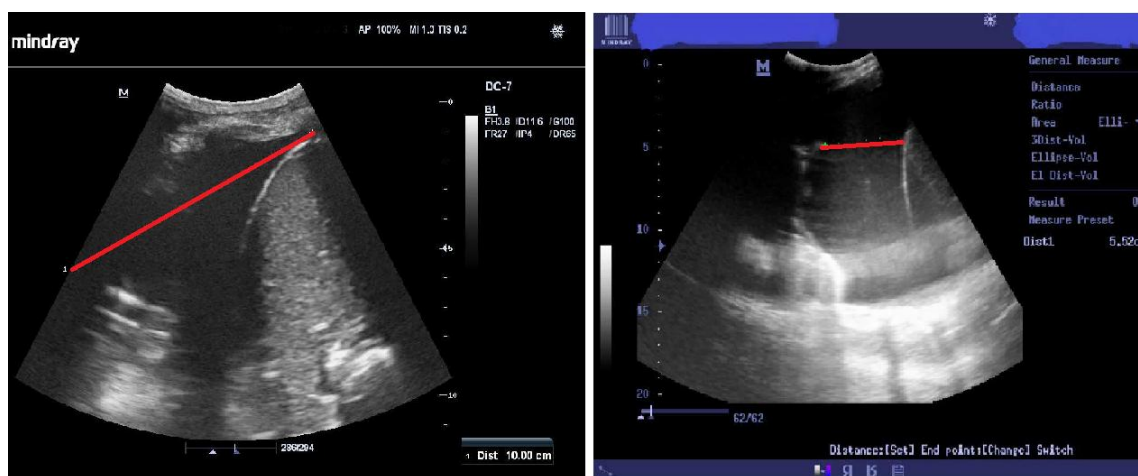


Fig 22. Estimación del derrame pleural. Fórmula de Goecke. La primera medida (10cm) corresponde a la extensión craneocaudal y la segunda (5.52cm) es la distancia entre la base pulmonar y la mitad del diafragma. Aplicando la fórmula da un volumen de 1086ml. Tomado de Ibitoye et al. (2018, p. 254).

2.3.5 Parálisis diafragmática

En el contexto perioperatorio es importante evaluar la función diafragmática, debido a que el nervio frénico puede verse afectado a la hora de colocar bloqueos del plexo braquial. Se ha visto que en el bloqueo interescalénico la capacidad vital forzada disminuye de un 20-25% atribuible a parálisis diafragmática ipsilateral por afectación del

nervio frénico. Pacientes sanos pueden compensar esta disminución en la función pulmonar por medio de músculos accesorios y aumento de la frecuencia respiratoria, hasta que el bloqueo desaparezca, normalmente en 3-5 horas, pero pacientes con una enfermedad pre-existente pueden desarrollar complicaciones pulmonares. Incluso pacientes sanos pueden presentar una parálisis diafragmática persistente con complicaciones pulmonares graves. (25)

En el abordaje de un paciente con disnea luego de un bloqueo interescalénico, resulta importante la valoración diafragmática. Existen dos métodos usando el US, pero no hay suficiente evidencia para determinar la superioridad de uno sobre otro. (9)

El método tradicional consiste en colocar la sonda de baja frecuencia entre la línea medioclavicular y axilar anterior en la región subcostal. A través de la ventana hepática o esplénica se observa la línea hiperecogénica del diafragma moviéndose, en modo B, durante la respiración. En el modo M se mide la excursión inspiratoria del diafragma. El valor normal es de 1.34 ± 0.18 cm. (9)

En un paciente con parálisis diafragmática unilateral, hay una tracción en sentido contralateral del mediastino durante la inspiración que genera movimiento paradójico hacia arriba del diafragma. Esto se observa con la prueba del olfateo, se le pide al paciente que haga una inspiración rápida por la nariz y se ve en el modo M el movimiento diafragmático (Fig. 23). El mayor defecto de este método es que se utiliza mucho tiempo para obtener una ventana acústica adecuada para un plano tan profundo, y esto ha hecho que se cuestione su utilidad clínica, por lo que ha caído en desuso. (9)

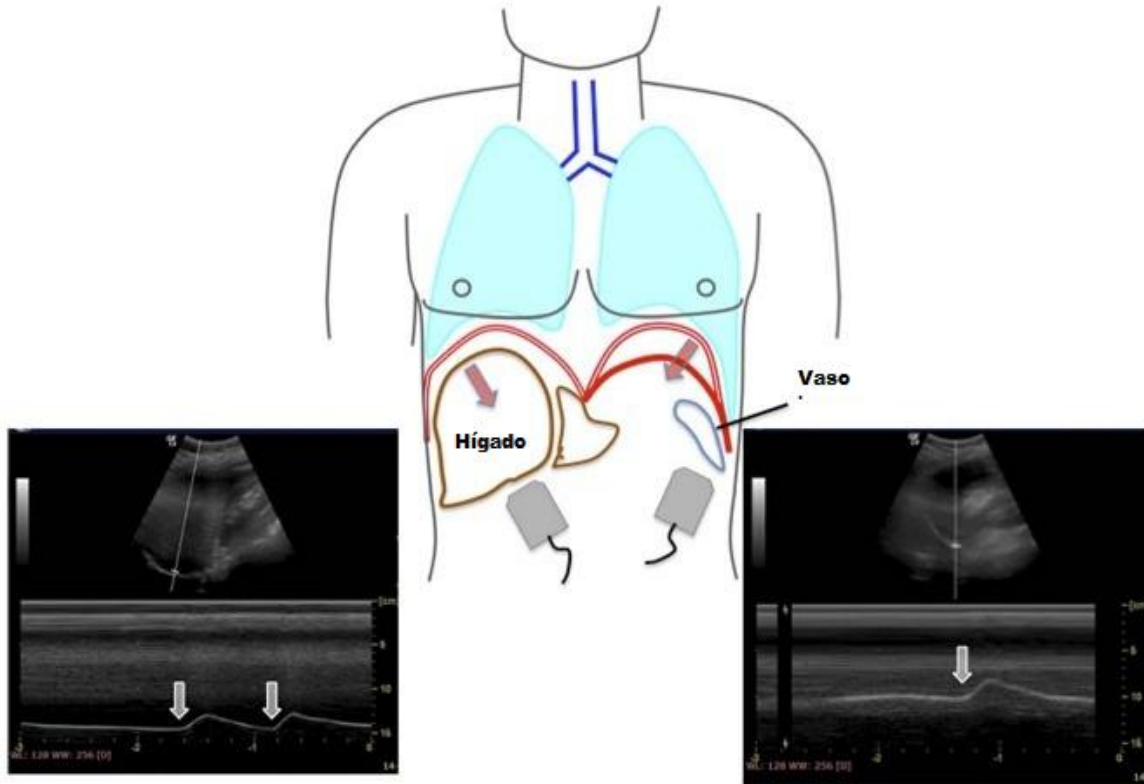


Fig 23. Método tradicional. Colocación de sonda entre la línea medioclavicular y axilar anterior en la región subcostal. Con la prueba del olfateo se ve en el modo M una muesca hacia arriba (flecha gris), es decir hacia la sonda, lo que quiere decir que el diafragma se encuentra íntegro, porque se mueve hacia abajo durante la inspiración. Tomado de Haskins et al. (2017, p. 295).

La otra técnica se llama “ABCDE” por sus siglas en inglés Axillary line, Breathing and scan, Caudally and perform Diaphragm Evaluation. que se traduce al español como: en la línea axilar escanear respiración y realizar una evaluación del diafragma de manera caudal. (9)

Se coloca la sonda lineal de alta frecuencia en la línea medio axilar, entre la octava y décima costilla, se dirige hacia cefálico y se localiza el diafragma en la zona de aposición (es el área donde se empieza a separar de la parte interior de las costillas). Luego, en modo M, se le pide al paciente que haga la prueba del olfateo. Si la función del diafragma se encuentra normal, se observa un descenso del mismo, lo que quiere decir que el diafragma se mueve hacia abajo durante la inspiración. Con una parálisis diafragmática se observa un ascenso o ningún movimiento. (9)

Con mayor precisión en modo B, se puede medir el cambio del grosor del diafragma con el ciclo respiratorio. Se aplica la siguiente fórmula:

$$R = \frac{GI - GE}{GE}$$

R: radio de engrosamiento GI: grosor en inspiración GE: grosor en espiración. Los valores normales son de 28% a 96% y en pacientes con parálisis es de -35% a 5%. Con esta técnica es más fácil obtener una buena ventana y el hábito del paciente no tiene tanta importancia (Fig 24). (9)

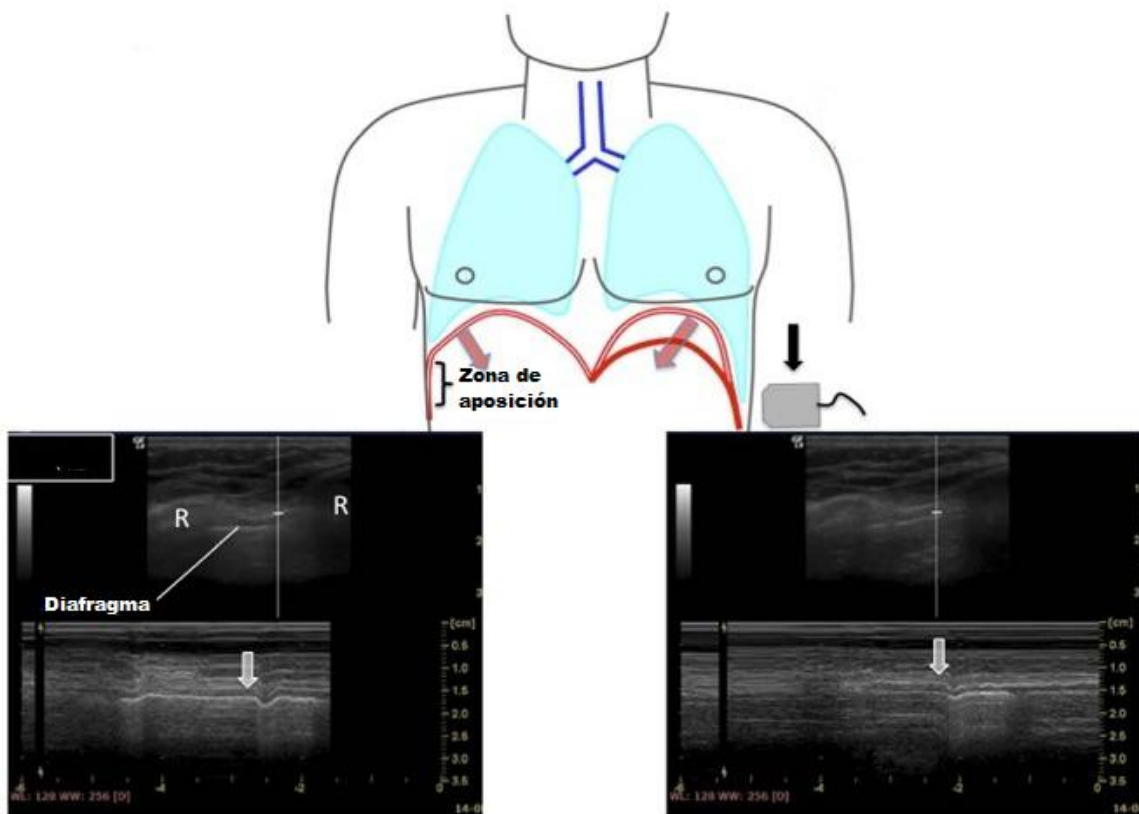


Fig 24. Método ABCDE. Se observa la posición de la sonda entre la 8 – 10 costilla en la línea medioaxilar. Se demarca la zona de aposición que es el objetivo a visualizar. R: costillas. Flechas blancas: prueba de olfateo con el descenso del diafragma en el modo M. Tomado de Haskins et al. (2017, p. 295).

2.3.6 Protocolo BLUE

Este protocolo lo diseñó el doctor Lichenstein para el diagnóstico y tratamiento temprano de los pacientes con síndrome de distress respiratorio agudo (SDRA) en la unidad de cuidado intensivos. El SDRA es una condición crítica que es difícil de reconocer y en la cual los errores iniciales pueden llevar a un aumento de morbilidad. (21)

Todas las causas de SDRA del protocolo pueden observarse en el contexto perioperatorio. Realizar el diagnóstico diferencial entre cada una de ellas puede ser complicado y requerir mucho tiempo. El protocolo se realiza en 3 minutos y tiene una exactitud de 90.5% para el diagnóstico de seis enfermedades que comprenden el 97% de las causas de SDRA. (21)

El primer paso consiste en buscar en los puntos BLUE superior e inferior el deslizamiento pulmonar. Luego se examina si tiene líneas A o B. Si tiene deslizamiento pulmonar con líneas B se considera que tiene edema pulmonar. En cambio, si tiene líneas A, es necesario realizar un análisis venoso de miembros inferiores, si se encuentra una trombosis venosa se hace diagnóstico de trombosis venosa profunda y si el sistema venoso está limpio, se explora el punto PLAPS. Si se encuentra una consolidación es una neumonía; de lo contrario, hay que suponer que tiene una crisis asmática o una exacerbación de EPOC. (21)

Ahora, si no existe el deslizamiento pulmonar y posee líneas B, el paciente tiene una neumonía. Si en lugar de líneas B, hay líneas A, se explora si existe el punto pulmonar, en caso positivo se diagnostica un neumotórax y en caso contrario es necesario recurrir a otras técnicas diagnósticas. Independientemente si hay deslizamiento pulmonar o no, si se aprecia líneas A en un pulmón y líneas B en otro, se debe considerar que el paciente tiene una neumonía (Fig 25). (19)

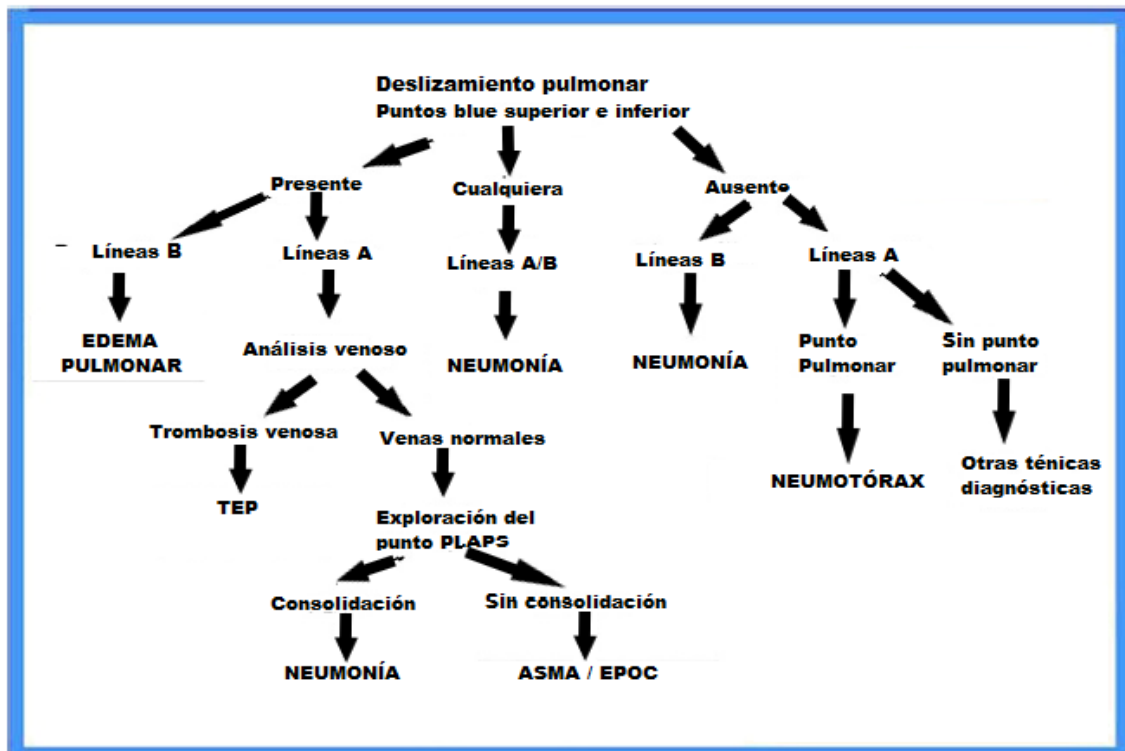


Fig 25. Protocolo BLUE. Tomado de Lichtenstein (2014, p. 10).

2.4 US Gástrico

En el contexto perioperatorio, la aspiración de contenido gástrico es una complicación rara pero grave. Ocurre únicamente en un 1% de todas las anestесias, es causa de hasta un 9% de todas las muertes asociadas a anestesia y se asocia con un incremento de la mortalidad intrahospitalaria de hasta 8 veces. Uno de los principales factores de riesgo es la presencia de contenido gástrico, aunque es difícil definir el volumen crítico al cual hay riesgo de aspiración. Se ha notado que en pacientes sanos, un contenido de menos de 1.5 ml/kg conlleva un riesgo muy bajo. (26,27)

La sedación y la anestesia general deprimen los reflejos protectores de la vía aérea, como lo son el tono de esfínter esofágico inferior y el reflejo tusígeno, por lo que resulta importante restringir las comidas para prevenir que el estómago tenga algún contenido a la hora de recibir cualquier tipo de anestesia. La Sociedad Americana de Anestesiología ha generado las guías de ayuno preoperatorio que dictan 2h para líquidos claros, 6h para comida ligera y 8h para comida con grasa. (26)

Con estos tiempos de ayuno se ha demostrado que el riesgo de aspiración es muy bajo, sin embargo, hay que recalcar que estas guías no son universales, sino que tienen sus excepciones. No aplican para pacientes que se anticipan vía aérea difícil, pacientes que ingresen en situaciones de emergencia o aquellos con alguna enfermedad que disminuya el vaciamiento gástrico (gastroparesia diabética, enfermedad renal, disfunción hepática, paciente críticamente enfermo, reflujo gastroesofágico, etc.). Entonces, resulta necesaria una herramienta para valorar este tipo de pacientes y aquellos que no cumplan con el ayuno, para determinar la cantidad y calidad de contenido estomacal y establecer el riesgo de aspiración con el fin de readecuar el manejo anestésico adecuadamente. El US cumple con este objetivo a cabalidad, como se podrá observar más adelante. (26)

Las mejores posiciones del paciente para realizar el escaneo con el US es semi-sentado y decúbito lateral derecho, porque el contenido gástrico se mueve hacia las zonas distales del estómago por gravedad y se puede observar mejor los volúmenes pequeños. Se utiliza

la sonda curva de baja frecuencia en adultos y, en pacientes muy delgados o pediátricos, la sonda lineal de alta frecuencia. (28)

La pared gástrica mide de 4-6 mm y se puede observar 5 capas con el transductor lineal de alta frecuencia en ayuno. Se puede localizar el antro, el cuerpo y el fondo del estómago; embargo, el antro es la parte que se encuentra más fácilmente y la que brinda más información. Se coloca la sonda sagital o parasagital a nivel de epigastrio y se visualiza el antro entre el lóbulo izquierdo del hígado, que se encuentra anterior, y el páncreas de manera posterior (Fig 26). (29)

Con el estómago vacío, el antro se ve redondo u ovalado, con un patrón de diana en el plano sagital. En el plano axial, adquiere la forma de dedo en guante. El antro con secreciones gástricas y líquidos claros se observa redondo, distendido, con paredes delgadas y el centro hipocogénico con múltiples puntos ecogénicos por las burbujas de gas o aire. Si el estómago contiene leche, fluidos espesos o suspensiones se visualiza de manera similar pero con mayor ecogenicidad. Después de una comida sólida se observa un patrón de vidrio escarchado por la presencia de aire mezclado con el bolo alimenticio durante el proceso de deglución y masticación. Hay múltiples artefactos anillados en la pared anterior y la pared posterior se ve borrosa. Después de un tiempo el aire es desplazado y el contenido sólido adquiere una ecogenicidad mixta (Fig 26). (26)

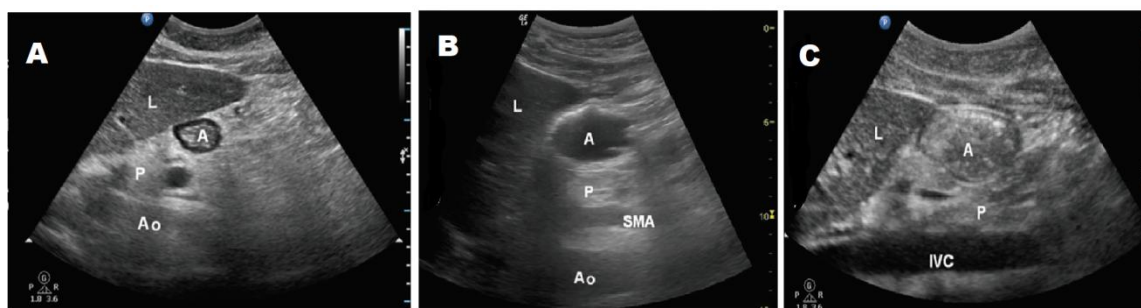


Fig 26. US Gástrico. En todas las imágenes se observa el antro en plano sagital con el paciente decúbito lateral derecho. A) Estómago vacío, patrón de diana. B) Estómago con líquidos claros. C) Estómago con comida sólida, patrón de vidrio escarchado. L: Hígado, P: Páncreas, Ao: Aorta, IVC: Vena cava inferior, SMA: Arteria mesentérica superior. Tomado de Putte y (2014, p. 12).

Actualmente hay dos fórmulas para predecir el volumen gástrico que son precisas y aplicables clínicamente. Ambas usan el área transversal del antro en reposo, es decir, sin contracciones. Para la medida se debe tomar en cuenta toda la pared del estómago en el plano sagital. El US tiene dos herramientas para realizarla: la primera es con el rastreo libre, con el que solamente se traza alrededor del antro y el US hace los cálculos respectivos (Fig 27). La otra es con el área de una elipse, en la cual se mide la longitud anteroposterior (AP) y la craneocaudal (CC), el US aplica la formula $(AP \times CC \times \pi) / 4$ y muestra el área. (29)

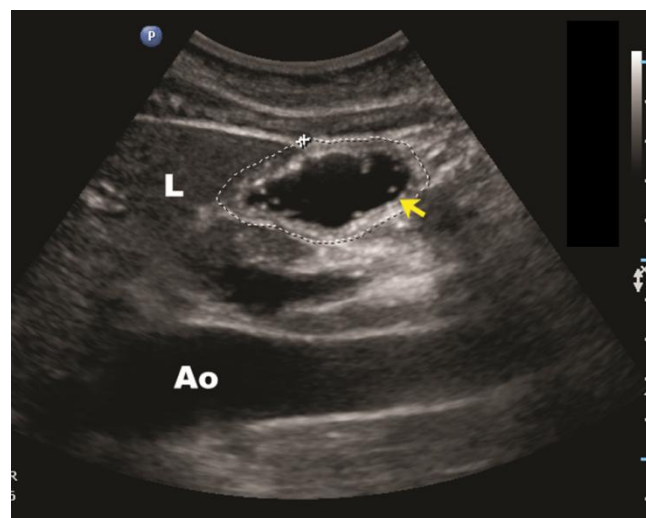


Fig 27. Área transversal del estómago. Imagen del antro en plano sagital: se toma la medida del área transversal con el rastreo libre, se debe de tomar en cuenta todo el espesor de la pared del estómago. L: Hígado, Ao: Aorta. Tomado de Alakkad et al. (2015)

La primera fórmula la describieron Perlas et al.:

$$VG \text{ (ml)} = 27.0 + 14.6 \times CSA \text{ (cm}^2\text{)} - 1.28 \times \text{años}$$

El paciente tiene que estar en decúbito lateral derecho para tomar el área transversal del antro (CSA por sus siglas en ingles cross-sectional area). Solo aplica para pacientes adultos, hasta un IMC de 40 kg m² y puede medir hasta 500ml de volumen gástrico. VG: volumen gástrico. (26)

La otra fórmula fue presentada por Bouvet et al.:

$VG (ml) = -215 + 57 \log CSA (mm^2) - 0.78 \times \text{años} - 0.16 \text{ altura (cm)} - 0.25 \text{ peso (kg)} - 0.80 \text{ ASA} + 16 \text{ ml (en caso de emergencia)} + 10 \text{ ml (en caso de profilaxis con antiácido de 100ml)}$

Solo aplica para paciente adultos, no embarazadas, IMC hasta 31 kg m², en posición semi-sentado y puede medir hasta 250ml de volumen gástrico. (26)

Sin embargo, estos modelos matemáticos resultan muy engorrosos y requieren de mucho tiempo para poder hacer los cálculos. Se ideó otro sistema que es semi-cuantitativo, en donde se mide el antro en posición supina y en decúbito lateral derecho, y se clasifica en los siguientes grados:

- Grado 0: antro vacío en ambas posiciones. No hay contenido gástrico
- Grado 1: antro vacío en supino pero con líquido en decúbito lateral derecho. En 75% de los pacientes tienen menos de 100ml de volumen gástrico
- Grado 2: antro con líquido en ambas posiciones. En 75% de los casos los pacientes tienen más de 100ml de volumen gástrico

Utilizando este método cuantitativo se puede elaborar un algoritmo para la toma de decisiones. Un grado 0 acarrea bajo riesgo de aspiración, por lo que no requiere de más estudios. En cambio, un estómago con fluido espeso o comida sólida confiere alto riesgo de aspiración y debe tratarse como estómago lleno. Ahora, con la presencia de líquido claro, se clasifica en grado 1, bajo riesgo de aspiración, o grado 2, con alto riesgo de aspiración. (27) Otros autores sostienen que cuando hay líquido claro es necesario estimar la cantidad con cualquiera de las fórmulas descritas anteriormente. Si es menor a 1.5 ml/kg no se asocia con riesgo de aspiración, pero si tiene mayor cantidad debe abordarse como estómago lleno. (26)

Alakkad et al. realizaron un estudio donde se incluyeron 41 pacientes que se presentaron para cirugía electiva sin cumplir las guías de ayuno. Se les hizo un US para valorar el contenido gástrico y se clasificaron en los grados semi-cuantitativos. Se le informó al anestesiólogo a cargo y se documentó si hubo algún cambio en el plan anestésico. En el

71% de los casos hubo un cambio en el manejo como, por ejemplo, proseguir con la cirugía en lugar de cancelar, cambio de técnica anestésica, cancelación de la cirugía, manejo más liberal o conservador de la vía aérea y mayor tiempo de espera para procedimiento quirúrgico. Este estudio lo que reveló fue que el US es una herramienta útil para guiar al anestesiólogo en la toma de decisiones de forma individualizada, en vez de usar las guías genéricas de ayuno. (27)

Estos estudios y las mediciones se realizaron en la población adulta, por lo que Spencer et al. se dieron a la tarea de investigar la validez en pacientes pediátricos. Tomaron 100 pacientes de 1-17 años que iban a ser sometidos a un procedimiento endoscópico gástrico, bajo anestesia general, se les realizó el US y luego se aspiró el contenido gástrico por el endoscopio. Se concluyó que las medidas semi-cuantitativas son precisas en la población pediátrica; sin embargo, las medidas cuantitativas no tuvieron buena correlación. Por lo tanto, el US gástrico puede ser usado en población pediátrica para la valoración del riesgo de aspiración, pero faltan más estudios y otros modelos matemáticos para la valoración cuantitativa. (28)

Por otro lado, Arzola et al. realizaron un estudio para la valoración del contenido gástrico en mujeres embarazadas. Fueron incluidas 96 mujeres embarazadas con más de 32 semanas, mayores de 18 años, ASA I-III y de 50-120 kg. A todas se les indicó realizar un ayuno de 8h y después se dividieron las pacientes en tres grupos: unas continuaron con el ayuno, otras tomaron 250ml de jugo de manzana 5 minutos antes de la valoración y las últimas comieron un panecillo y café con leche de 5 a 15 minutos antes. A continuación, 3 anestesiólogos realizaron la valoración semi-cuantitativa con el US. Se pudo observar el estómago en todas las pacientes a pesar de la posición más cefálica por el útero grávido. Se constató que hubo congruencia entre los resultados de los diferentes anestesiólogos y que el 87.5% tuvo un diagnóstico correcto. Sin embargo, se necesita más estudios para poder recomendar el US como herramienta para la valoración del riesgo de aspiración en mujeres embarazadas. (29)

2.5 US de la vía aérea

Lo primero en el estudio de la VA con el US es identificar las sondas a utilizar, la posición del transductor y las estructuras normales. Se utiliza la zona lineal de alta frecuencia para visualizar estructuras superficiales como el cartílago cricoides, membrana cricotiroides, anillos traqueales y tráquea. Para estructuras profundas (base de la lengua, epiglotis, cuerdas vocales, cartílagos aritenoides, entre otros) se recomienda utilizar sonda microconvexa o la convexa de frecuencias en 4-10 MHz. Las estructuras detrás de la tráquea como lo son la faringe posterior, comisura posterior y pared posterior de la tráquea no se pueden visualizar debido a la columna de aire que interfiere con las ondas de US. (30)

La vía aérea superior (VAS) se divide en velofaringe, orofaringe e hipofaringe para su evaluación. Para el estudio de la velofaringe se coloca el transductor convexo perpendicular a la oreja con la parte superior tocando el lóbulo. La glándula parótida y el espacio parafaríngeo sirven como ventanas acústicas. La VA se ve como una línea hiperecogénica y se evalúa el diámetro antero-posterior midiendo el ancho de esta línea. Se pueden obtener imágenes longitudinales colocando la sonda paralela y posterior al oído para medir el diámetro lateral de la VAS, sumando el ancho de la línea hiperecogénica de ambos lados (Fig 28). (30, 31)

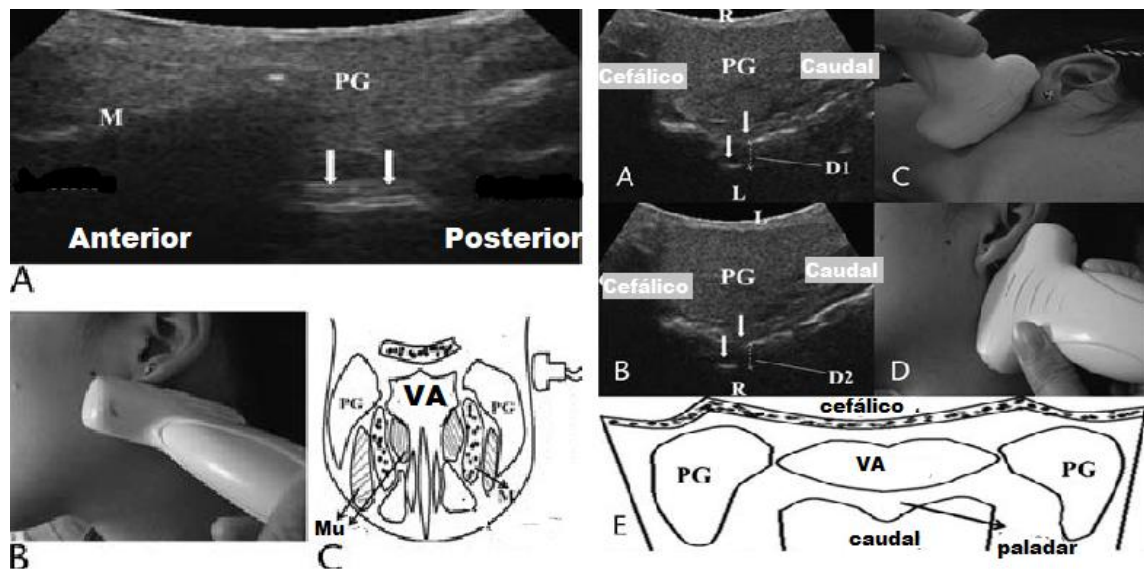


Fig 28. Estudio de la velofaringe. La imagen de la izquierda demuestra el escaneo axial y se puede medir el ancho de la línea hiperecogénica (flechas blancas), que representa diámetro anteroposterior de la VA. C) Diagrama de lo observable. Imagen de la derecha escaneo longitudinal: para medir el diámetro lateral de la VAS, sumando el ancho de la línea hiperecogénica de ambos lados (D1+D2). PG: glándula parótida, M: mandíbula, Mu: músculo, R: derecha, L: izquierda. Tomado de Lun et al. (2016, p. 86).

El nivel de la orofaringe se estudia con el transductor convexo, perpendicular a la rama de la mandíbula con el margen superior tocando el ángulo. La VA se ve como una línea hiperecogénica en forma de U invertida, la cual se cierra cuando se le pide al paciente que trague. Cuando el transductor se mueve a anterior y se coloca por encima de hueso hioideo, la VA se encuentra detrás de los músculos genioglosos que se observan hipoecogénicos y estriados (fig 29). (31)

Un transductor lineal o convexo se puede usar para el estudio de la hipofaringe. Se coloca la sonda transversalmente en la parte lateral o anterior del cuello por encima del cartílago tiroideo (Fig 30). (31)

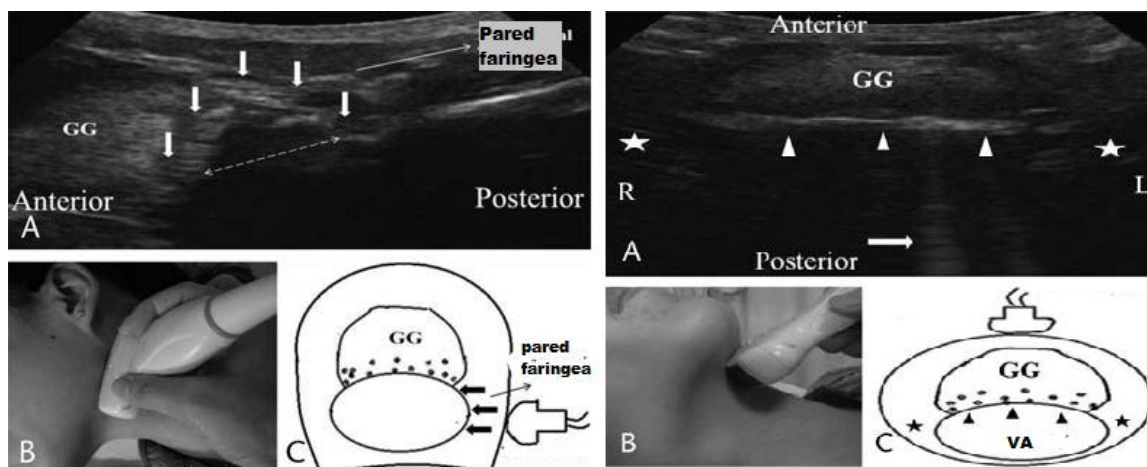


Fig 29. Sonografía de la orofaringe. La imagen de la izquierda demuestra la sonda en posición lateral: las flechas señalan la VA y la línea punteada es el diámetro antero-posterior de la VA. La imagen de la derecha, posición anterior de la sonda: triángulos blancos demarcan la orofaringe que se puede mover al toser, tragar o respirar. La flecha blanca corresponde a artefactos por el aire en la VA. Asteriscos muestran la pared faringea. El diámetro de la VA se puede medir por el ancho de la línea hiperecogénica. GG: músculo geniogloso. Tomado de Lun et al. (2016, p. 86).

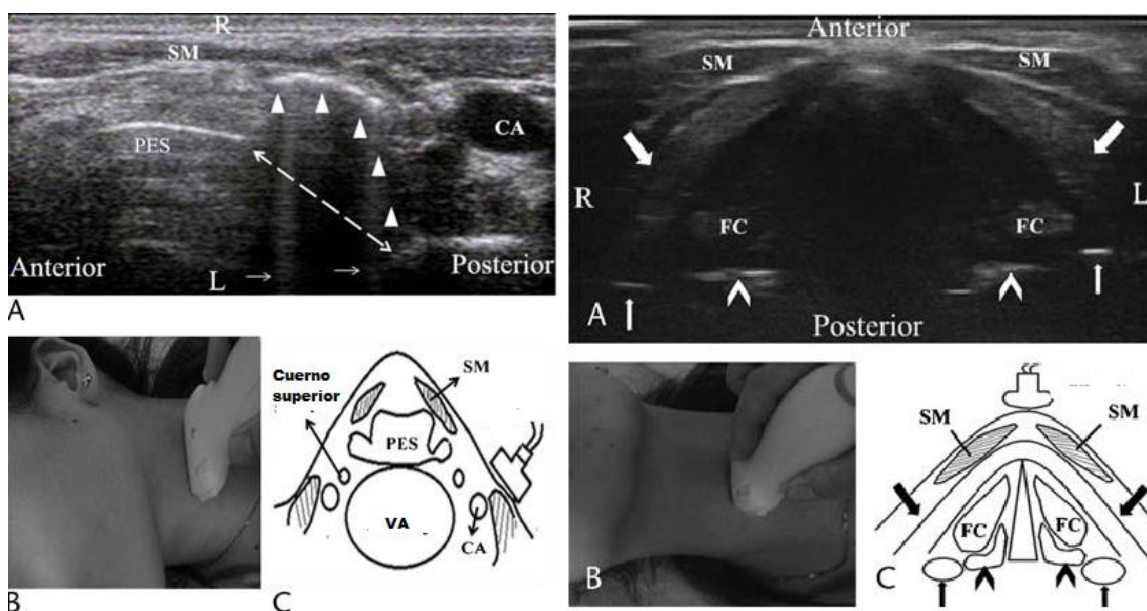


Fig 30. Imágenes de la hipofaringe. Imagen de la izquierda: transductor en la parte lateral del cuello. VA se delimita con los triángulos blancos; la línea punteada es el diámetro antero-posterior de la VA. Imagen de la derecha: transductor en la parte anterior, el diámetro lateral se puede medir por el ancho de la línea hiperecogénica discontinua marcada con las flechas pequeñas. Las flechas grandes indican el cartílago tiroideo. PES: espacio preglótico, SM: músculos infrahioides, CA: arteria carótida, FC: cuerdas vocales falsas. Tomado de Lun et al. (2016, p. 89).

Las cuerdas vocales (CV) pueden ser visualizadas con el transductor microconvexo o lineal. Se coloca transversalmente en la línea media a nivel del cartílago cricoides y se identifican como una “V” invertida ecogénica. Primero se valoran con respiración superficial en busca de edema, masas, nódulos o pólipos, y en segundo lugar se explora el movimiento con la fonación para estudiar la biomecánica (Fig 31). Es importante recalcar que la visualización de las CV puede ser difícil, aún más en hombres y aquellos pacientes con calcificación del cartílago tiroides. (30)

Las próximas estructuras a valorar son las subglóticas. El espacio subglótico es el espacio más angosto de la tráquea y es donde ocurren las estenosis en la mayoría de los casos. Se mide usando la sonda lineal de manera transversa en línea media justo debajo de las CV. La membrana cricotiroidea se localiza usando una sonda lineal de manera sagital en línea media o paramediana, entre dos estructuras óseas hiperecogénicas, cranealmente el cartílago tiroides y caudalmente el cartílago cricoideo. Un poco más caudal se visualizan los anillos traqueales, que son estructuras ovales cercanas unas de otras. La vista transversa a nivel de C6 confiere la mayor información (Fig 31). (31)



Fig 31. Estructuras subglóticas. A) Plano tranverso en línea media a nivel de cartílago cricoides se pueden ver las cuerdas vocales relajadas (flechas blancas), 1. Músculos de fonación, 2. Cartílago tiroides. B) Con la sonda lineal en el plano sagital en línea media se localiza la membrana cricotiroidea (flecha blanca), 1. Anillos traqueales, 2. Cartílago cricoideo. C) vista transversa del cuello a nivel de C6, 1. Vena yugular interna, 2. Arteria carótida común, 3. Tejido subcutáneo, 4. Glándula tiroidea, 5. Tráquea. Tomado de Votruba et al. (2015, p. 5).

Con esto concluye toda la anatomía observable con el US de la VA y se continuará con las aplicaciones clínicas siguientes: predicción de laringoscopia difícil, diagnóstico de parálisis de CV y otras patologías, selección del tamaño del tubo endotraqueal (TET), confirmación de la posición del TET y guía para cricotiroidotomía.

Es cierto que existen maneras clínicas de hacer la valoración vía aérea difícil, como la clasificación de Mallampati y Wilson, distancia tiromentoniana, distancia interincisivos, etc. Sin embargo, ninguno de estos métodos ha demostrado ser suficientemente específico y sensitivo. Por otro lado, la resonancia magnética (RM) ha servido para obtener información sofisticada en pacientes con VA difícil, pero tiene la desventaja de su costo, dificultad para su realización y que es un método estático. El US viene a solventar dichos problemas y ha adquirido importancia en los últimos años. (30,32)

El primer predictor de laringoscopia difícil es la distancia hiomentoniana con el cuello extendido. Se hizo un estudio en pacientes obesos y se demostró que una distancia de $52.6 \pm 5.8\text{mm}$ se asocia con dificultad para la intubación en comparación con $65.5 \pm 4.1\text{mm}$ en los pacientes sin VA difícil (Fig 32). (33,34)

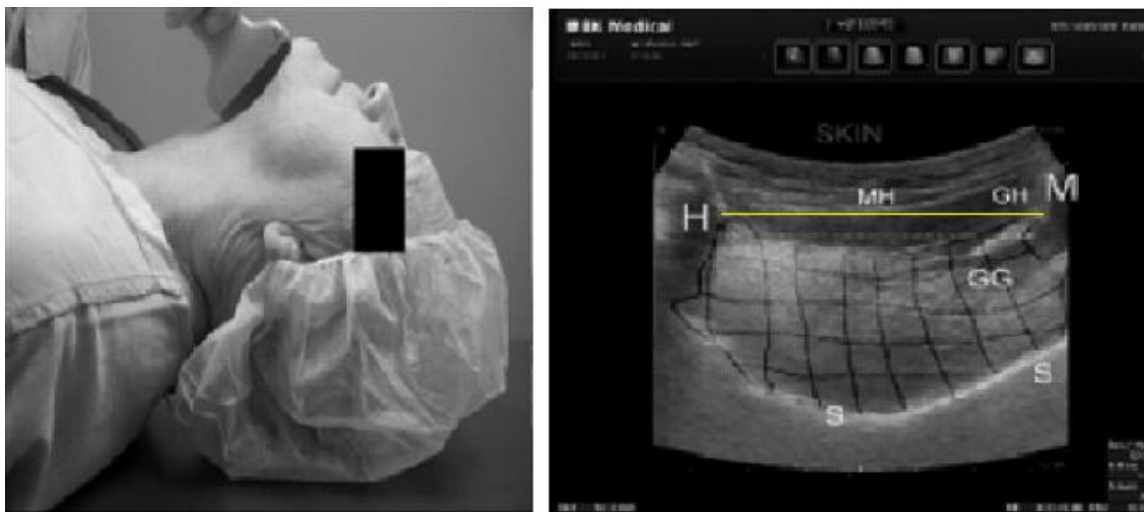


Fig 32. Distancia hiomentoniana. Con el cuello extendido y la sonda longitudinal en línea media. La línea amarilla representa la distancia, H: hueso hioides, M: mandíbula, MH: músculo milohioideo, GH: músculo geniohioideo, GG: músculo geniogloso, S: superficie de la lengua. Tomado de Wojtczak (2017, p. 523).

Otra medida importante es el grosor del tejido blando anterior a la VA en diferentes partes del cuello. A nivel del hueso hioides la medida de $15.9 \pm 2.7\text{mm}$ se asocia con un Cormack-Lehane grado III/IV; en cambio, una medida de $9.8 \pm 2.6\text{mm}$ se vincula con un Cormack-Lehane grado I/II. También se ha comprobado que la inhabilidad de observar el hueso hioides por medio de US confiere dificultad para la intubación (Fig 33). Ahora, a

nivel de la membrana tirohioidea, una medida mayor o igual a 27.5mm denota laringoscopia difícil. Diferentes estudios han demostrado resultados contradictorios a nivel del cartílago tiroides y de la escotadura esternal, por lo que no se tomarán en cuenta. (32,33,35)

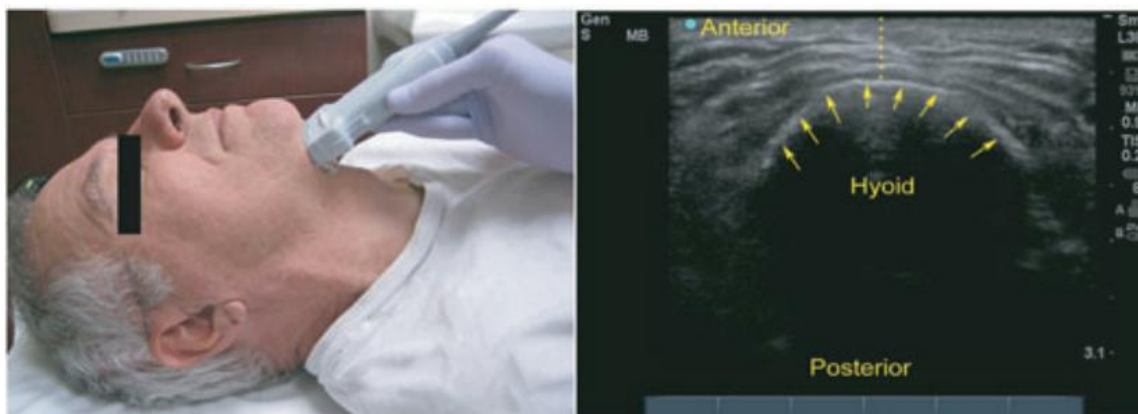


Fig 33. Tejido blando anterior al hueso hioides. Posición del paciente y de la sonda. La línea punteada amarilla es la medida desde la piel hasta el hueso hioides demarcados con las flechas. Tomado de Adhikari et al. (2011, p. 754).

Otra de las aplicaciones clínicas es la visualización de patologías a nivel de CV. La valoración de la movilidad de las CV en el preoperatorio y postoperatorio adquiere mucha importancia en las cirugías de cuello donde puede haber lesión del nervio laríngeo recurrente o laríngeo superior. Se recomienda una valoración prequirúrgica en busca de nódulos, edema, parálisis unilateral de CV, etc., para establecer un basal y tener punto de comparación en el postquirúrgico. Por ejemplo, una asimetría de las CV que no estaba presente prequirúrgicamente, se asocia con cambios en la voz en el postoperatorio. (30,36)

También es posible predecir el estridor postextubación midiendo el grosor de la columna de aire alrededor de tubo. Se toma la medida entre las cuerdas vocales y el TET con el balón inflado; luego se desinfla, se coloca el ventilador con una presión pico de 30 cmH₂O y se vuelve a medir. Una diferencia de 0.35 ± 0.5 mm se asocia con estridor, mientras que una medida de 1.5 ± 1.3 mm se ve en los pacientes que no tienen dicha

complicación. Sin embargo, faltan más estudios para poder recomendar esta aplicación. (30)

La selección del tamaño del TET en pacientes adultos se hace muchas veces por clínica y en pacientes pediátricos con fórmulas universales. En algunos casos hay errores en la selección que genera el cambio de TET, problemas con la ventilación mecánica y hasta necrosis de anillos traqueales. Por medio del US se puede medir la longitud transversal del espacio subglótico y seleccionar el diámetro externo del TET con o sin balón para pacientes de un año en adelante (Fig 34). Esta medida ha demostrado buena correlación con las hechas por medio de RM y TAC. No hay estudios para niños menores de un año. (30,37)

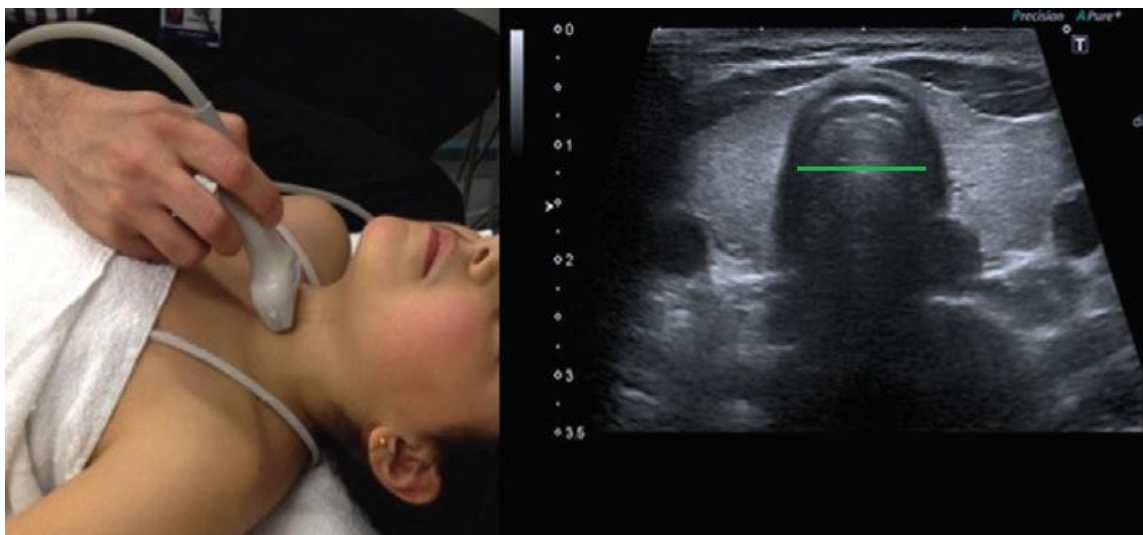


Fig 34. Longitud transversal del espacio subglótico. Posición del paciente y el transductor. Línea verde representa longitud transversal del espacio subglótico. Tomado de Stafrace et al. (2016, p. 122).

El US puede detectar las estenosis traqueales como lo demostró un estudio pequeño de 26 pacientes con diagnóstico de estenosis traqueales que fueron sometidos a fibrobroncoscopía. Se pudo concluir que el US tiene una sensibilidad alta para detectarlas y una correlación de 88.5% con los hallazgos por medio de fibrobroncoscopía. (30,37)

El US también puede usarse para confirmar la posición adecuada de TET. La especificidad para detección de intubación esofágica es de casi 100%, buscando a nivel de la membrana cricotiroides o de cuerdas vocales la sombra que causa el TET dentro de la tráquea (Fig 35). Puede hacerse en tiempo real y se visualiza cuando pasa el TET, o bien se puede hacer luego de la intubación. Para la profundidad del TET se puede usar un signo indirecto que es por medio del deslizamiento pulmonar. Si existe en ambos pulmones, el TET se encuentra en una posición media de la tráquea y excluye la intubación endobronqueal o esofágica. (37)

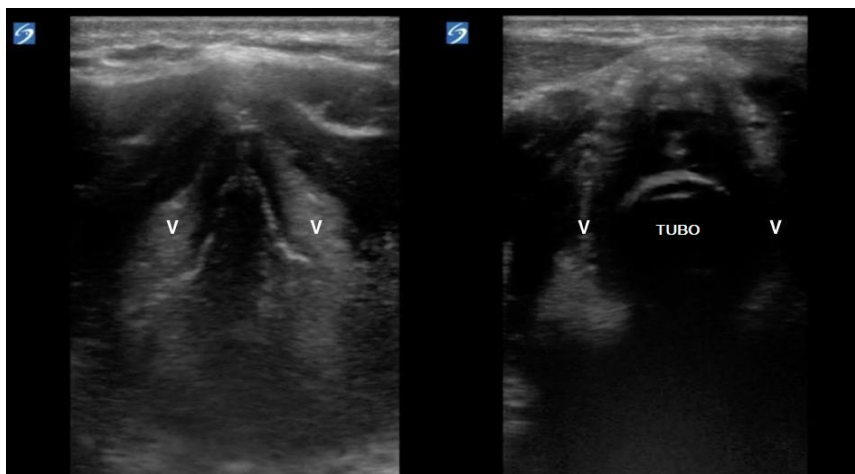


Fig 35. Confirmación de colocación correcta de TET. La imagen de la izquierda, las cuerdas vocales (V) sin intubar y la imagen de la derecha, la tráquea con un TET en su interior. Tomado de Pourmand et al. (2017, p.15).

La localización de la membrana cricotiroides para cricotirotomía de emergencia usando puntos de referencia o palpación puede ser difícil. En un estudio solo se encontró correctamente en 46-62% de los casos. El uso preventivo del US en pacientes con VA difícil para la ubicación de dicha membrana es fácil y seguro, y puede tener una precisión de hasta un 100%. Esta técnica es muy útil en los pacientes en los cuales la palpación resulta difícil, como son los obesos, pacientes en estados edematosos y embarazadas o postparto inmediato. También existe la posibilidad de usar el ultrasonido en tiempo real para la colocación percutánea de una cánula a través de la membrana (Fig. 36). (30,36)

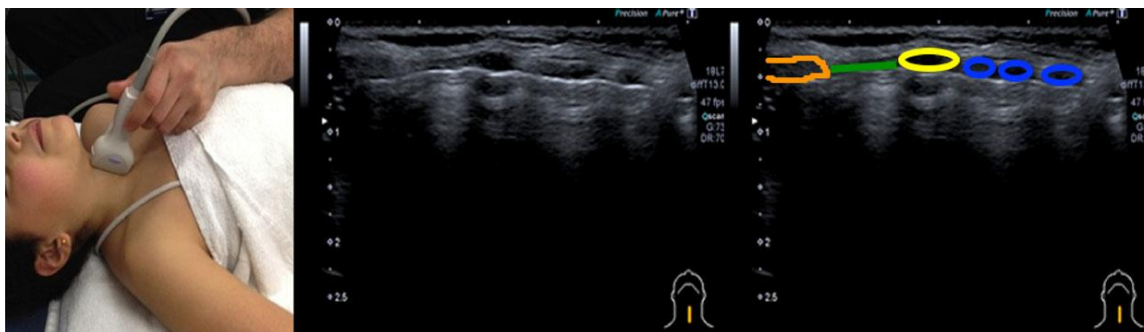


Fig 36. línea media longitudinal de la laringe y la tráquea. Anaranjado: Cartílago tiroides, verde: membrana cricotiroides, amarillo: cartílago cricoides, azul: anillos traqueales. . Tomado de Stafrace et al. (2016, p. 126).

2.6 FAST

El trauma es una de las primeras causas de muerte a nivel mundial. Algunas de estas muertes pueden ser prevenidas con un abordaje adecuado y rápido. La evaluación inicial se basa en radiografías y US para guiar el manejo y las decisiones por llevar a sala de operaciones. Al entender la integración de estudios diagnósticos con el proceso de toma de decisiones, el anestesiólogo involucrado en el manejo perioperatorio puede tener una mayor participación en el tratamiento. (38)

El examen FAST (por sus siglas en inglés, que se traducen como Valoración enfocada con US en trauma) es una búsqueda de colecciones de sangre o fluidos producidos por el trauma. Incluye las vistas periesplénica, perihepática, pélvica retrocística/retrouterina y cardíaca. Las vistas intraperitoneales corresponden a las áreas más dependientes del abdomen cuando el paciente se encuentra en decúbito dorsal. Se utiliza la sonda convexa de 3-5 MHz para buscar colecciones tan pequeñas de hasta 100ml, pero esto depende de la experiencia del personal y la localización del líquido. En la vista cardíaca se usa el transductor sectorial para buscar derrames pericárdicos. En general, el FAST tiene una especificidad del 99% y una sensibilidad del 79%. Esto quiere decir que si el FAST es positivo es casi seguro que el paciente tiene una lesión intrabdominal, pero si el FAST es negativo, no se puede descartar un daño. (39)

La examinación del flanco derecho se hace con la sonda colocada paralela al eje largo del cuerpo, en la línea media axilar, entre el octavo y décimo espacio intercostal (Fig 37). Las ondas de US son dirigidas a través del hígado hacia el riñón para identificar colecciones perihepáticas. Con movimientos graduales hacia la línea media clavicular se encuentra el área perinéfrica y el espacio de Morisson, entre el hígado y el hemidiafragma derecho. Si hay mucha sombra acústica se puede rotar la sonda en contra de las manecillas del reloj para una mejor posición intercostal (Fig 38). El flanco izquierdo se escanea de manera

similar, a través del bazo hacia el riñón izquierdo, y se buscan colecciones infradiafragmáticas, periesplénicas y perinéfricas. (7)

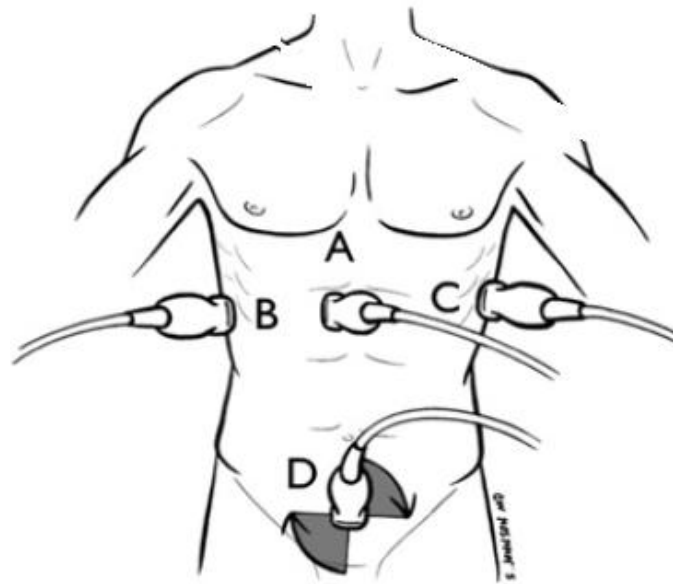


Fig 37. Estudio FAST: posición del transductor. A) vista cardíaca B) visión del flanco derecho C) visión del flanco izquierdo D) vista pélvica. Tomado de Perera y Mailhot (2010, p. 31).

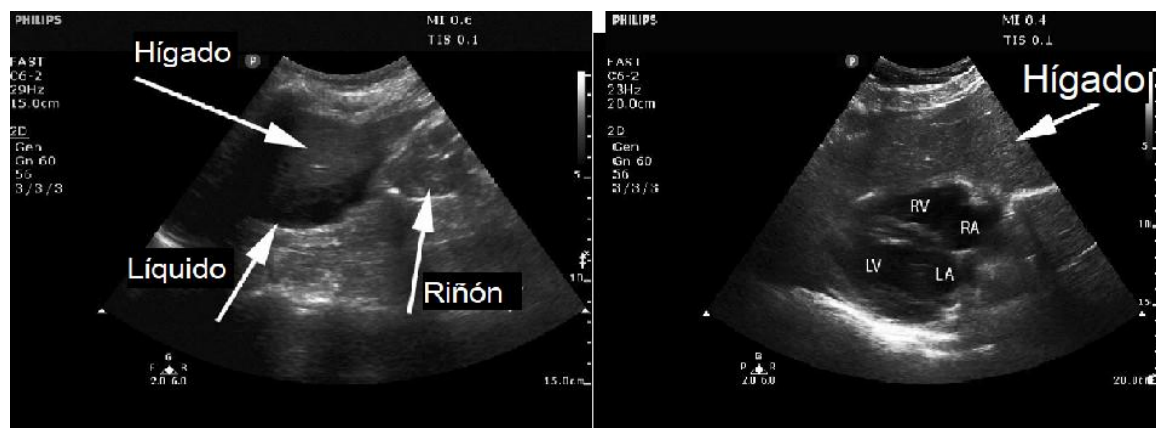


Fig 38. FAST: Imagen de la izquierda: vista en flanco derecho, en esta imagen se observa el espacio de Morisson (entre el hígado y el hemidiafragma derecho) con una colección. Imagen de la derecha: vista cardíaca subxifoidea, se observan las cuatro cámaras cardíacas y la línea hiperecogénica que representa el pericardio. No hay espacio entre el corazón y el pericardio, por lo que se descarta derrame pericárdico. RV: ventrículo derecho, RA: atrio derecho, LV: ventrículo izquierdo, LA: atrio izquierdo. Tomado de Grissom y (2016, p. 79).

La vista pélvica se realiza con la sonda perpendicular a la piel en la línea media justo por encima de la sínfisis púbica y paralelo al eje largo del cuerpo (Fig 24). Una vejiga llena

ayuda a la visualización. Si hay colecciones se localizan detrás de la vejiga y/o útero en el espacio de Douglas (Fig 39). (40)

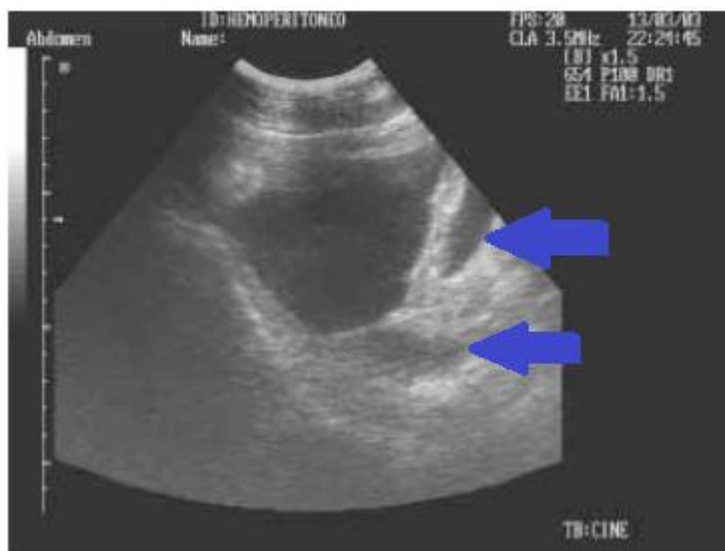


Fig 39. Vista pélvica. Se observa la vejiga parcialmente colapsada y abundante líquido libre en el espacio de Douglas, señalado con las flechas azules. Tomado de Catán et al. (2011, p. 633).

En el área subxifoidea se puede observar la ventana cardíaca en busca de derrames pericárdicos, taponamiento cardíaco y estructuras cardíacas. La sonda se coloca por debajo del proceso xifoides y se apunta al hombro izquierdo en un plano paralelo al esternón (Fig. 37 y 38). Si la presión que se genera es intolerable para el paciente debido al dolor, se puede usar la ventana paraesternal izquierda. Esta se localiza en el borde esternal izquierdo entre la cuarta y sexta costilla con el transductor sectorial perpendicular a la piel y la marca hacia el hombro derecho, visualizando el eje largo del corazón. Luego, para observar el eje corto, la zona se gira 90 grados a favor de las manecillas del reloj. (7)

En el contexto de un trauma abdominal penetrante, la presencia de líquido libre determina la necesidad de cirugía, sin ningún otro examen diagnóstico. En este escenario, el FAST tiene una especificidad muy alta pero una sensibilidad baja comparado con el TAC. Por lo tanto, un FAST negativo requiere de más estudios. (41)

Ahora un trauma no penetrante tiene un manejo más complejo. Un paciente hemodinámicamente inestable con un FAST positivo puede llevarse a sala de operaciones o requerir una embolización transarterial o un *stent* endovascular. El defecto del US es que se corre el riesgo de pasar por alto lesiones intra-abdominales graves que no producen líquido libre significativo. (7)

La vista cardíaca ha demostrado reducir el tiempo para llevar a sala de operaciones y brindar una mejoría en la sobrevida de trauma penetrante. Es muy sensible y específico para este diagnóstico. El problema surge cuando hay que distinguir entre un derrame pericárdico insignificante o incidental y un derrame importante que requiere intervención quirúrgica. (7)

No hay duda de que el FAST es muy útil en situaciones de trauma; sin embargo, también ha demostrado eficacia en otras situaciones no traumáticas que generan shock hemorrágico. Por ejemplo, embarazo ectópico roto, quiste hemorrágico del cuerpo lúteo, aneurisma abdominal roto, etc. (41) En el contexto postquirúrgico, se puede detectar sangrado oculto intra-abdominal en un paciente con signos de shock con causa desconocida y ayudar en el diagnóstico temprano. (42)

También puede haber exceso de líquido en la cavidad abdominal por sobrecarga de volumen en pacientes con insuficiencia cardíaca, renal y/o hepática o por exceso de administración de fluidos. A pesar del exceso de líquido total, muchos de estos pacientes pueden tener colecciones intra-abdominales y tener un volumen intravascular depletado. Un ejemplo es el paciente con cirrosis hepática avanzada con ascitis, en el que se observa una sobrecarga hídrica, pero el volumen intravascular se encuentra disminuido por el escape de líquido hacia el intersticio. (41)

3. Conclusiones

- Hay varios estudios que confirman una correlación significativa entre el DVNO y la PIC. Por ejemplo, Rajajee et al. demostraron que un DVNO igual o mayor a 0.48cm se correlaciona con una PIC mayor a 20 mmHg (sensibilidad 96%, especificidad 94%), y Robba et al. observaron que si se toma el valor de corte de 5.2 a 5.9 mm tiene una sensibilidad de 74-95% y una especificidad de 74-100%. Es un estudio simple, repetible y se puede realizar en la cama de cualquier paciente en el cual se sospeche un aumento de la PIC. El problema radica en que no existe un valor de corte estándar, por lo que se requiere más estudios para poder utilizar este estudio como una herramienta diagnóstica, pero sí se puede utilizar como un estudio complementario. (8, 10, 12)
- El US pulmonar brinda una evaluación rápida, no invasiva y a la cabecera del paciente, para obtener información importante en tiempo real, al mismo tiempo que se limita la exposición a la radiación. El síndrome intersticial, la consolidación pulmonar, el neumotórax, el derrame pleural y la parálisis diafragmática son enfermedades potencialmente mortales en el perioperatorio y fácilmente detectables por medio del US. El protocolo BLUE se realiza en 3 minutos y tiene una exactitud de 90.5% para el diagnóstico de estos trastornos. (9, 16)
- La aspiración de contenido gástrico es una complicación rara pero grave. La combinación de sedación o anestesia general y la presencia de más de 1.5 ml/kg de contenido gástrico son los principales factores de riesgo para la aspiración. Se puede utilizar el sistema semi-cuantitativo para la valoración en todos los pacientes y escoger el abordaje adecuado. Sin embargo, las fórmulas para predecir con precisión el volumen gástrico no son lo suficientemente exactas como para recomendarlas en pacientes pediátricos, embarazadas u obesos. (19, 21, 22)
- El US de VA ha evidenciado utilidad en predicción de laringoscopia difícil, diagnóstico de parálisis de CV, selección del tamaño del TET, confirmación de la

posición del TET y localización de la membrana cricotiroides para cricotiroidotomía. Todas estas aplicaciones adquieren gran importancia en el contexto perioperatorio, ya que pueden evitar complicaciones con alta morbilidad y pueden ser usados en cualquier paciente. (23, 27)

- Al entender la integración de estudios diagnósticos con el proceso de toma de decisiones, el anestesiólogo involucrado en el manejo perioperatorio puede tener una mayor participación en el tratamiento de un paciente traumatizado. El objetivo del FAST es buscar colecciones de sangre o fluidos en el abdomen y el pericardio. También ha demostrado eficacia en otras situaciones no traumáticas que generan shock hemorrágico. (29, 33)

4. Bibliografía

1. Yeates TM, Zimmerman JM, Cahalan MK. Perioperative Echocardiography: Two-Dimensional and Three-Dimensional Applications. *Anesthesiol Clin*. 2008;26(3):419–35.
2. Lee A. Ultrasound in obstetric anesthesia. *Semin Perinatol* [Internet]. 2014;38(6):349–58. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.semperi.2014.07.006>
3. Ratzlaff RA, Builes A, Díaz-Gómez JL. Current Practical Applications of Ultrasonography in Surgical Anesthesia. *Adv Anesth*. 2015;33(1):129–55.
4. Terkawi AS, Karakitsos D, Elbarbary M, Blaivas M, Durieux ME. Ultrasound for the anesthesiologists: Present and future. *Sci World J*. 2013;2013(4).
5. Mahmood F, Matyal R, Skubas N, Montealegre-Gallegos M, Swaminathan M, Denault A, et al. Perioperative ultrasound training in anesthesiology: A call to action. *Anesth Analg*. 2016;122(6):1794–804.
6. Schwemmer U, Brederlau J, Roewer N. Ultrasound use in non-cardiac surgery. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* [Internet]. 2009;23(3):237–47. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpa.2009.02.003>
7. Grissom TE, Pierce B. Radiographic Imaging and Ultrasound in Early Trauma Management: Damage Control Radiology for the Anesthesiologist. *Curr Anesthesiol Rep* [Internet]. 2016;6(1):79–88. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s40140-016-0147-8>
8. Robba C, Cardim D, Tajsic T, Pietersen J, Bulman M, Rasulo F, et al. Non-invasive Intracranial Pressure Assessment in Brain Injured Patients Using Ultrasound-Based Methods. 2018;126:69–73. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-65798-1_15
9. Haskins SC, Tsui BC, Nejim JA, Wu CL, Boublik J. Regional Anesthesia and Acute Pain Lung Ultrasound for the Regional Anesthesiologist and Acute Pain Specialist. 2017;42(3):289–98.
10. Enriquez JL, Wu TS. An introduction to ultrasound equipment and knobology. *Crit Care Clin* [Internet]. 2014;30(1):25–45. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccc.2013.08.006>
11. Hadzic A, Daquan X. Hadzic’s textbook of regional anesthesia and acute pain management. second. McGraw-Hill Education; 2017. 503–515 p.
12. Cogbill TH, Ziegelbein KJ. Computed Tomography, Magnetic Resonance, and Ultrasound Imaging: Basic Principles, Glossary of Terms, and Patient Safety. *Surg*

- Clin North Am [Internet]. 2011;91(1):1–14. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.suc.2010.10.006>
13. Boezaart A, Ihnatsenka B. Ultrasound: Basic understanding and learning the language. *Int J Shoulder Surg*. 2011;4(3):55.
 14. Rajajee V, Vanaman M, James J, Teresa F, Jacobs L. Optic Nerve Ultrasound for the Detection of Raised Intracranial Pressure. 2011;506–15.
 15. Savel RH, Eisen LA. Non-invasive Methods of Estimating Intracranial Pressure. 2011;599–608.
 16. Liu D, Li Z, Zhang X, Zhao L, Jia J, Sun F, et al. Assessment of intracranial pressure with ultrasonographic retrobulbar optic nerve sheath diameter measurement. 2017;1–7.
 17. Moretti R, Pizzi B, Cassini F. Reliability of Optic Nerve Ultrasound for the Evaluation of Patients with Spontaneous Intracranial Hemorrhage. *Neurocritical Care Soc*. 2009;11:406–10.
 18. Colmenero M, Garcí M. Utilidad de la ecografía pulmonar en la unidad de medicina intensiva. *Med Intensiva*. 2010;34(9):620–8.
 19. Lichtenstein D. Lung ultrasound in the critically ill. *Curr Opin Crit Care*. 2014;20(3):315–22.
 20. Gargani L, Volpicelli G. How I do it : Lung ultrasound. *Cardiovasc Ultrasound*. 2014;(Figure 3):1–10.
 21. Lichtenstein D. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care*. 2014;4(1):1–12.
 22. Picano E, Pellikka PA. Clinical update Ultrasound of extravascular lung water : a new standard for pulmonary congestion. *Eur Heart J*. 2016;37(27):2097–3104.
 23. Khosla R. Lung Sonography. *Sonography*. 2012. 111–130 p.
 24. Ibitoye BO, Idowu BM, Ogunrombi AB. Ultrasonographic quantification of pleural effusion : comparison of four formulae. *Ultrasonography*. 2018;37(July):254–60.
 25. Nickless JT, Waterman BR, Romeo AA. JSES Open Access Persistent diaphragmatic paralysis associated with interscalene nerve block after total shoulder arthroplasty : a case report. *JSES Open Access* [Internet]. 2018;2(3):165–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jses.2018.05.003>
 26. Putte P Van De, Perlas A. Ultrasound assessment of gastric content and volume. *Br J Anaesth* [Internet]. 2014;113(1):12–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/bja/aeu151>

27. Alakkad H, Kruisselbrink MR, Chin KJ. Point-of-care ultrasound defines gastric content and changes the anesthetic management of elective surgical patients who have not followed fasting instructions : a prospective case series. *Can Anesthesiol Soc.* 2015;62(11):1188–1195.
28. Spencer AO, Walker AM, Yeung AK, Lardner DR, Yee K, Mulvey JM, et al. Ultrasound assessment of gastric volume in the fasted pediatric patient undergoing upper gastrointestinal endoscopy : development of a predictive model using endoscopically suctioned volumes. *Pediatr Anesth.* 2015;i:301–8.
29. Arzola C, Cubillos J, Perlas A, Downey K, Carvalho JCA. Interrater reliability of qualitative ultrasound assessment of gastric content in the third trimester of pregnancy. *BJA [Internet].* 2014;113(6):1018–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/bja/aeu257>
30. Votruba J, Zemanová P, Lambert L, Vesela MM. The Role of Airway and Endobronchial Ultrasound in Perioperative Medicine. *Hindawi.* 2015;2015(1):1–10.
31. Lun H-M, Zhu S-Y, Liu R-C. Investigation of the Upper Airway Anatomy With Ultrasound. *Ultrasound Q.* 2016;32(1):86–92.
32. Abdallah FW, Eugene Y, Cholvisudhi P. Is Ultrasound a Valid and Reliable Imaging Modality for Airway Evaluation ? *J Ultrasound Med.* 2017;(36):49–59.
33. Fulkerson JS, Moore HM, Anderson TS, Jr RFL. Ultrasonography in the preoperative difficult airway assessment. *J Clin Monit Comput.* 2016;1:1–18.
34. Wojtczak JA. Submandibular Sonography. *J Ultrasound Med.* 2017;31(4):523–8.
35. Adhikari S, Zeger W, Schmier C, Crum T, Craven A, Frrokaj I, et al. Pilot study to determine the utility of point-of-care ultrasound in the assessment of difficult laryngoscopy. *Acad Emerg Med.* 2011;18(7):754–8.
36. Pourmand A, Lee D, Davis S, Dorwart K. Point-of-care ultrasound utilizations in the emergency airway management: An evidence-based review. *Am J Emerg Med [Internet].* 2017;2(32):1–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2017.02.032>
37. Stafrace S, Engelhardt T, Teoh WH, Kristensen MS. Essential ultrasound techniques of the pediatric airway. *Pediatr Anesth.* 2016;26:122–31.
38. Zieleskiewicz L, Fresco R, Medam S, Vigne C, Poirier M, Roche P, et al. Integrating Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (eFAST) in the Initial Assessment of Severe Trauma: Impact on the Management of 756 Patients. *Int J Care Inj [Internet].* 2018;49(10):1774–80. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.07.002>
39. Akoglu H, Celik OF, Celik A, Ergelen R, Onur O, Denizbasi A. Diagnostic accuracy of

the Extended Focused Abdominal Sonography for Trauma (E-FAST) performed by emergency physicians compared to computed tomography. *Am J Emerg Med* [Internet]. 2017;36(6):1014–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2017.11.019>

40. Catán F, Villao D, Astudillo C. Ecografía fast en la evaluación de pacientes traumatizados. *Rev Médica Clínica Las Condes*. 2011;22(5):633–9.
41. Perera P, Mailhot T. The RUSH Exam : Rapid Ultrasound in Shock in the Evaluation of the Critically Ill. *Emerg Med Clin North Am*. 2010;28:29–56.
42. Sharma A, Bhattarai P, Sharma A. eFAST for the diagnosis of a perioperative complication during percutaneous nephrolithotomy. *Crit Ultrasound J* [Internet]. 2018;c:18–20. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13089-018-0088-1>

4. Anexos: Ficha técnica

US del nervio óptico: La medición del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) se puede hacer en cualquier paciente que se sospeche una hipertensión endocraneana. Con la sonda lineal, se mide el DVNO 3 mm por detrás del globo ocular, si mide más de 0.5cm se correlaciona con una PIC mayor a 20 mmHg (no se puede inferir el valor exacto de la PIC). Se puede utilizar como un estudio complementario, pero no diagnóstico.

US pulmonar: Se pueden evaluar las siguiente entidades: síndrome intersticial, consolidación pulmonar, neumotórax, derrame pleural y parálisis diafragmática. El protocolo de BLUE se realiza en 3 minutos y tiene una exactitud de 90.5% para el diagnóstico de seis enfermedades que comprenden el 97% de las causas de SDRA.

US gástrico: se explora al paciente en posición supina y decúbito lateral derecho (DLD), con la sonda convexa en orientación sagital a nivel de epigastrio. Si se observa líquido espeso, contenido sólido, o el antro con líquido en ambas posiciones, el paciente tiene un alto riesgo de aspiración. Si se visualiza el antro vacío en ambas posiciones o vacío en supino y con líquido en DLD, el paciente tiene bajo riesgo de aspiración. Se excluye pacientes pediátricos, embarazadas y pacientes con un IMC mayor a 35.

US de la vía aérea: se explora con la sonda lineal. Una distancia hiomentoniana < 65.5 mm y un grosor tejido blando anterior al hioides >15.9 mm son predictores de VA difícil. La medición del diámetro transversal del espacio glótico permite seleccionar el diámetro externo del TET. También se puede observar el cartílago tiroides y cricoides, y entre ellos la membrana cricotiroides; esta se puede marcar en caso de que sea necesario una cricotiroidotomía.

FAST: Su mayor utilidad es en patologías que generen shock hemorrágico que no sean traumáticas. Con la sonda convexa se explora ambos flancos y la zona pélvica en busca de líquido libre. Con la sonda sectorial se observa las estructuras cardíacas en busca de derrames pericárdicos.